



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN *PRE-SWIRL* PADA
LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD**

Yandihar Hidayat
NRP 04211645000005

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji, M.Sc.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN *PRE-SWIRL* PADA
LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD**

Yandihar Hidayat
NRP 04211645000005

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji, M.Sc.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI - ME 141501

**FLUID FLOW ANALYSIS OF ADDITIONAL PRE-SWIRL ON THE SHIP
USING CFD**

Yandihar Hidayat
NRP 04211645000005

Supervisors
Ir. Amiadji, M.Sc.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN *PRE-SWIRL* PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yandihar Hidayat
NRP. 04211645000005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Amiadji, M.Sc.

NIP. 1961 0324 1988 03 1001

()

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT (

NIP. 1959 0410 1987 01 1001

)

SURABAYA

Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN *PRE-SWIRL* PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD

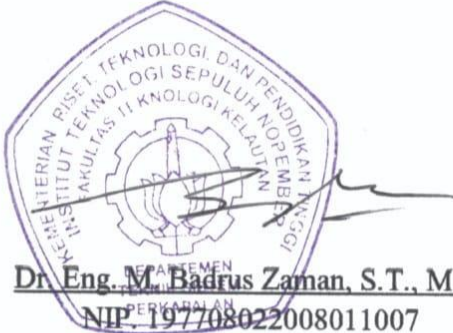
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yandihar Hidayat
NRP. 04211645000005

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

SURABAYA
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN *PRE-SWIRL* PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD

Nama Mahasiswa : Yandihar Hidayat
NRP : 04211645000005
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji, M.Sc.
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

ABSTRAK

Modifikasi pada system propulsi banyak dilakukan demi memenuhi performa kapal. Salah satu kajian yang dilakukan adalah modifikasi pada system propulsi dengan penambahan propeller baru. Perubahan system propulsi dari single screw propeller menjadi triple screw propeller akan berpengaruh terhadap aliran kapal serta *thrust* yang dihasilkan, salah satu cara yaitu dengan dilakukannya pemasangan alat bantu yaitu *pre-swirl stator*. *Pre-swirl stator* adalah suatu alat bantu yang dipasang di lambung kapal yang terdiri dari beberapa bilah *stator* tepatnya lambung pada bagian buritan kapal yang posisinya berada di depan *propeller*. *Pre-swirl stator* ini berupa bilah *stator* yang menyerupai *propeller*, namun tidak berputar atau dalam kondisi diam. Fokus dari penelitian ini adalah untuk memperbaiki aliran pada lambung kapal, peningkatan nilai *thrust* yang dihasilkan serta *pressure distribution* yang dihasilkan pada masing-masing model. Simulasi pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa model yaitu model 1 dengan sudut 43° , model 2 dengan sudut 45° serta model 3 dengan sudut 48° . Dari ketiga model tersebut di bagi menjadi 5 variasi kecepatan yaitu 13 knot, 14 knot, 15 knot, 16.5 knot dan 17.5 knot. Model yang paling optimal memperbaiki aliran serta peningkatan nilai *thrust* terlihat pada model 3. Aliran yang dihasilkan pada model ini dapat memperbaiki yang sebelumnya kurang homogen. Nilai *thrust* yang dihasilkan pada model 3 ini dapat mengalami kenaikan, kenaikan paling tinggi terdapat pada kecepatan 15 knot yaitu sebesar 16.16%. Serta *pressure distribution* yang dihasilkan pada model 3 ini memiliki *pressure* yang lebih rendah dari model 1 dan 2.

Kata Kunci : CFD, *Pre-swirl stator*, *Thrust*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FLUID FLOW ANALYSIS OF ADDITIONAL PRE-SWIRL ON THE SHIP USING CFD

Student's Name : Yandihar Hidayat
NRP : 04211645000005
Department : Marine Engineering
Supervisors : 1. Ir. Amiadji, M.Sc.
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

ABSTRACT

Modifications to the propulsion system are mostly done to meet the performance of the ship. One of the studies conducted in the modification of the propulsion system with the addition of new propeller. The change of the propulsion system from single screw propeller to triple screw propeller will affect the flow of the ship and thrust produced, one way is by doing the installation of a tool that is pre-swirl stator. Pre-swirl stator is a tool that is installed in the hull of a ship consisting of several stator blades precisely in the hull on the stern of the ship whose position is in front of the propeller. This stator pre-swirl is a stator blade that resembles a propeller, but does not rotate or in a stationary state. The focus of this research is to improve the flow on the hull of the ship, increasing the resulting thrust value and pressure distribution produced in each model. The simulation of this research is divided into several models, namely model 1 with angle 43 °, model 2 with angle 45 ° and model 3 with angle 48 °. Of the three models are divided into 5 variations of speed ie 13 knots, 14 knots, 15 knots, 16.5 knots and 17.5 knots. The most optimized model improves the flow as well as the increase in thrust values seen in model 3. The flow generated in this model can improve the previously less homogeneous. The value of thrust generated in model 3 can increase, the highest increase is at 15 knots at 16.16%. And the pressure distribution produced on this model 3 has a lower pressure than models 1 and 2.

Keywords : CFD, Pre-swirl stator, Thrust.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberi Saya kekuatan dan kelancaran sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA ALIRAN FLUIDA TERHADAP PENAMBAHAN PRE-SWIRL PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD” dapat diselesaikan secara maksimal. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu baik secara dukungan ataupun masukan mengenai Tugas Akhir ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan, kelancaran dibalik semua proses perkuliahan di siskal dan dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Kedua orang tua penulis (M. Taufiq dan Chusnawiyah), kakak beserta adik-adik penulis atas doa, perhatian, dukungan moral, dan materi yang diberikan kepada penulis tanpa henti sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc selaku dosen wali penulis selama masa perkuliahan di Teknik Sistem Perkapalan, terimakasih atas kesabarannya serta bantuannya selama ini.
4. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama atas semua pelajaran baik berupa kritik, saran, moral, solusi, dan inspirasi yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menggali hal-hal baru untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT , selaku dosen pembimbing kedua atas pemberian masukan, solusi, waktu dan tempat pengerjaan kepada penulis ketika penulis mengalami kesulitan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Riri Yoanda yang telah memberikan support, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis dan selalu menemani penulis kapan pun dan dimana pun hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
7. Teman seperjuangan Tugas Akhir 2018 terutama teman-teman LJ Gasal Periode 2016 (Adrian, Yafi, Maful, Fauzi, Bayu, Riri, Paundra, Anton, Ekky, Ridho, dan Satryo) serta seluruh teman-teman seperjuangan Siskal Reguler dan *Double Degree* Angkatan 2013 dan 2014.
8. Aditya Fajar Kurniawan yang telah bersedia membantu dan memberikan data untuk kelancaran dan kelangsungan Tugas Akhir ini.
9. Resti, Lia, Sarry, Randi, Topan, Hadis sebagai sahabat penulis yang telah menemani penulis sejak masa SMP hingga sekarang penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman seperjuangan angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Dan seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangatlah penulis harapkan untuk lebih baik dan sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai tambahan informasi serta wacana-wacana bagi semua pihak yang membutuhkan sehingga dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi semua pihak yang berkepentingan dalam topik Tugas Akhir ini.

Surabaya, 13 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GRAFIK.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Aliran Fluida.....	3
2.1.1 Macam-macam Aliran.....	3
2.1.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida Pada Kapal.....	4
2.2 Distribusi Daya di Kapal.....	4
2.2.1 BHP (Brake Horse Power).....	5
2.2.2 SHP (Shaft Horse Power).....	5
2.2.3 DHP (Delivery Horse Power).....	6
2.2.4 THP (Thrust Horse Power).....	6
2.2.5 EHP (Effective Horse Power).....	6
2.3 <i>Pre-swirl stator</i>	8
2.4 Maxsurf.....	11
2.5 CFD (Computational Fluid Dynamics).....	11
2.6 NUMECA CFD.....	12

BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Alur Penelitian.....	15
3.2 Perumusan masalah	16
3.3 Studi Literatur.....	16
3.4 Pengumpulan data.....	16
3.5 Bare Hull Simulation	17
3.5.1 Proses Geometri CAD	17
3.5.2 Meshing.....	17
3.5.3 Pengaturan Simulasi CFD.....	22
3.5.4 Pengumpulan Data.....	30
3.6 Pembutan Model <i>Pre-swirl stator</i>	30
3.7 Simulasi Model.....	30
3.8 Analisa dan Pembahasan	31
3.9 Kesimpulan dan Saran	31
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Gambaran Umum	33
4.2 Analisa Aliran dan <i>Thrust Bare Hull</i>	33
4.3 Penentuan <i>Pre-swirl stator</i>	34
4.4 Pembuatan Model Kapal dengan Penambahan <i>Pre-swirl stator</i>	37
4.4.1 Penggambaran Foil <i>Pre-swirl stator</i>	37
4.4.2 Posisi <i>Pre-swirl stator</i>	38
4.5 Simulasi/Running Model	40
4.5.1 Proses Geometri CAD	40
4.5.2 Meshing.....	40
4.5.3 Pengaturan Simulasi CFD.....	46
4.6 Analisa Hasil Simulasi.....	54
4.6.1 Hasil Simulasi Model 1	54
4.6.2 Hasil Simulasi Model 2	57
4.6.3 Hasil Simulasi Model 3	60
4.7 Perbandingan Data Hasil Simulasi.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A Linesplan	71
LAMPIRAN B Hasil Simulasi Nilai Thrust	73
LAMPIRAN C Hasil Simulasi Kontur Aliran	77
LAMPIRAN D Hasil Simulasi Pressure Distribution.....	87
LAMPIRAN E NUMECA Fine Marine Student License	95
BIODATA PENULIS	97

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Laminer	3
Gambar 2.2 Aliran Turbulen	4
Gambar 2.3 Jenis-jenis Aliran di Kapal.....	4
Gambar 2.4 Distribusi Daya Engine ke Propeller.....	5
Gambar 2.5 Contoh <i>Pre-swirl stator</i> pada Kapal Bulk carrier.....	9
Gambar 2.6 Contoh aliran tanpa dan dengan <i>pre-swirl stator</i> pada CFD	9
Gambar 2.7 Analisa aliran <i>pre-swirl stator</i> pada CFD	10
Gambar 2.8 Pemodelan Lambung Kapal pada Software Maxsurf	11
Gambar 2.9 Analisa aliran pada CFD	12
Gambar 2.10 Simulasi aliran pada propeller dari software NUMECA	13
Gambar 3.1 Flowchart Diagram	15
Gambar 3.2 Model Kapal Roro Ferry	16
Gambar 3.3 Standart Ukuran <i>Boundary Domain</i>	17
Gambar 3.4 Konfigurasi <i>Domain</i>	18
Gambar 3.5 Konfigurasi <i>Initial Mesh</i>	19
Gambar 3.6 Konfigurasi <i>Adapt to Geometry</i>	19
Gambar 3.7 Tampilan <i>Mesh</i> setelah langkah <i>Adapt to Geometry</i>	20
Gambar 3.8 Konfigurasi <i>Snap to Geometry</i>	20
Gambar 3.9 Konfigurasi <i>Optimize</i>	21
Gambar 3.10 Konfigurasi <i>Viscous Layer</i>	21
Gambar 3.11 Hasil <i>Mesh</i> Setelah <i>Viscous Layer</i>	22
Gambar 3.12 <i>Meshing</i> Domain Propeller	22
Gambar 3.13 Konfigurasi <i>General Parameter</i>	23
Gambar 3.14 Konfigurasi <i>Fluid Model</i>	23
Gambar 3.15 Konfigurasi <i>Flow Model</i>	24
Gambar 3.16 Konfigurasi <i>Boundary Condition</i>	24
Gambar 3.17 Konfigurasi <i>Body Definition</i>	25
Gambar 3.18 Konfigurasi <i>Body Motion</i> Pada Propeller.....	26
Gambar 3.19 Konfigurasi <i>Motion Law</i>	27
Gambar 3.20 Konfigurasi <i>Body Motion</i> pada <i>Boat</i>	28
Gambar 3.21 Konfigurasi Initial Solutions	29
Gambar 3.22 Konfigurasi <i>Control Variable and Output</i>	29
Gambar 3.23 Hasil <i>running bare hull</i> pada kecepatan kapal 17.5 knot	30
Gambar 4.1 Pola Aliran <i>bare hull</i> pada 17.5 knot	33
Gambar 4.2 NACA 16-006	35
Gambar 4.3 NACA 16-006 dengan rencana panjang 0.6 m.....	37
Gambar 4.4 Pemodelan menggunakan <i>software Rhinoceros</i>	38
Gambar 4.5 Sudut Kemiringan <i>Pre-swirl stator</i>	39
Gambar 4.6 Posisi <i>Pre-swirl stator</i> pada lambung	39
Gambar 4.7 Standart Ukuran Boundary Domain	40
Gambar 4.8 Konfigurasi Domain	41
Gambar 4.9 Konfigurasi <i>Initial Mesh</i>	42
Gambar 4.10 Konfigurasi <i>Adapt to Geometry</i>	42

Gambar 4.11 Tampilan Mesh setelah langkah <i>Adapt to Geometry</i>	43
Gambar 4.12 Konfigurasi <i>Snap to Geometry</i>	43
Gambar 4.13 Konfigurasi <i>Optimize</i>	44
Gambar 4.14 Konfigurasi <i>Viscous Layer</i>	44
Gambar 4.15 Hasil <i>Mesh</i> Setelah <i>Viscous Layer</i>	45
Gambar 4.16 Meshing Domain <i>Propeller</i>	45
Gambar 4.17 Hasil Mesh <i>Boat</i> dan <i>Propeller</i>	46
Gambar 4.18 Konfigurasi <i>General Parameter</i>	46
Gambar 4.19 Konfigurasi <i>Fluid Model</i>	47
Gambar 4.20 Konfigurasi <i>Flow Model</i>	47
Gambar 4.21 Konfigurasi <i>Boundary Condition</i>	48
Gambar 4.22 Konfigurasi <i>Body Definition</i>	49
Gambar 4.23 Konfigurasi <i>Body Motion</i> Pada <i>Propeller</i>	50
Gambar 4.24 Konfigurasi <i>Motion Law</i>	51
Gambar 4.25 Konfigurasi <i>Body Motion</i> pada <i>Boat</i>	52
Gambar 4.26 Konfigurasi <i>Initial Solutions</i>	53
Gambar 4.27 Konfigurasi <i>Control Variable and Output</i>	53
Gambar 4.28 Kontur Aliran Model 1 pada Kecepatan 17.5 knot	54
Gambar 4.29 Grafik Hasil Analisa Pada <i>Thrust</i> Kapal pada <i>Software NUMECA Fine Marine</i> (Model 1)	55
Gambar 4.30 <i>Pressure</i> Pada <i>Pre-swirl stator</i> kecepatan 17.5 knot (Model 1)	56
Gambar 4.31 Kontur Aliran Model 2 pada Kecepatan 17.5 knot	57
Gambar 4.32 Grafik Hasil Analisa Pada <i>Thrust</i> Kapal pada <i>Software NUMECA Fine Marine</i> (Model 2)	58
Gambar 4.33 <i>Pressure</i> Pada <i>Pre-swirl stator</i> kecepatan 17.5 knot (Model 2)	59
Gambar 4.34 Kontur Aliran Model 3 pada Kecepatan 17.5 knot	60
Gambar 4.35 Grafik Hasil Analisa Pada <i>Thrust</i> Kapal pada <i>Software NUMECA Fine Marine</i> (Model 3)	61
Gambar 4.36 <i>Pressure</i> Pada <i>Pre-swirl stator</i> kecepatan 17.5 knot (Model 3)	62
Gambar 4.37 Kontur Aliran Model 3 pada kecepatan 15 knot	65
Gambar 4.38 <i>Pressure</i> Pada <i>Pre-swirl stator</i> kecepatan 15 knot (Model 3)	65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai <i>Thrust</i> saat <i>Bare Hull</i>	34
Tabel 4.2 Data Ukuran utama Kapal	34
Tabel 4.3 Koordinat Foil NACA 16	36
Tabel 4.4 Koordinat Foil NACA 16-006 dengan rencana panjang 0.6 m	37
Tabel 4.5 Data <i>Thrust</i> Kapal pada Model 1	55
Tabel 4.6 Data <i>Thrust</i> Kapal pada Model 2.....	58
Tabel 4.7 Data <i>Thrust</i> Kapal pada Model 3.....	61
Tabel 4.8 Data Persentase Peningkatan <i>Thrust</i> Tiap Model	63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 1	56
Grafik 4.2 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 2	59
Grafik 4.3 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 3	62
Grafik 4.4 Perbandingan Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan Pada Masing-masing Model.....	64

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan sarana transportasi pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dsb), Kapal biasanya cukup besar untuk membawa penumpang, barang-barang serta kebutuhan lain. Kapal memiliki banyak jenis seperti kapal cargo, kapal ferry dan sebagainya. Dari berbagai jenis kapal ini dan seiring berkembangnya dunia perkapalan bentuk dari suatu lambung kapal pun menjadi pembeda. Berbagai jenis bentuk lambung kapal seperti *single hull*, *double hull* pun disesuaikan dengan fungsi dan berhubungan dengan kekuatan stabilitas suatu kapal.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 80 tahun 2015, Pasal 1 ayat 3a bahwa “*Kapal Angkutan Penyeberangan adalah kapal motor penyeberangan (KMP) yang merupakan kendaraan air yang digerakkan tenaga mekanik, berfungsi sebagai jembatan bergerak untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya yang masuk dan keluar memulai pintu rampa yang berbeda, memiliki konstruksi lambung dasar ganda (double bottom) serta memiliki paling sedikit 2 (dua) mesin induk*”. Mengacu pada regulasi tersebut dan untuk melaksanakan peraturan pemerintah, salah satu kajian yang dilakukan adalah melakukan modifikasi pada sistem propulsi. Dimana kapal yang sebelumnya hanya menggunakan satu sistem penggerak (*single screw*) akan dilakukan penambahan sistem penggerak sebanyak dua buah. Maka dengan penambahan ini kapal akan memiliki tiga sistem penggerak (*triple screw*) yang pada saat kapal beroperasi tidak semuanya digunakan. Kapal dapat beroperasi dengan *single propeller* dan *twin propeller*, saat beroperasi menggunakan *single propeller* diberikan tahanan tambahan *twin propeller* yang diam, dan saat beroperasi menggunakan *twin propeller* diberikan tahanan tambahan *single propeller* yang diam.

Penulis melanjutkan dari tugas akhir yang sudah ada namun terdapat permasalahan baru setelah dilihat dari hasil penelitiannya. Permasalahan yang didapatkan pada kapal ini adalah aliran pada *single propeller* saat kapal beroperasi dengan tahanan tambahan *twin propeller* yang diam. Pada tugas akhir ini fokus penelitian akan dilakukan pada upaya memperbaiki aliran serta meningkatkan *thrust* pada saat kapal beroperasi menggunakan *single propeller* dengan adanya penambahan *pre-swirl stator*.

1.2 Perumusan Masalah

Pokok dari permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana desain *pre-swirl stator* yang akan diaplikasikan pada lambung kapal ?
2. Bagaimana perubahan aliran setelah *pre-swirl stator* diaplikasikan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui desain *pre-swirl stator* yang akan diaplikasikan pada lambung kapal.
2. Mengetahui perubahan aliran setelah *pre-swirl stator* diaplikasikan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat mengetahui bagaimana aliran dan *pressure* dengan adanya penambahan *pre-swirl* pada *single propeller* saat kapal beroperasi.
2. Digunakan sebagai referensi untuk penulisan tugas akhir selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Pengolahan data dan simulasi menggunakan *software Maxsurf* dan *NUMECA (CFD)*.
2. Hanya melakukan pengujian CFD pada kondisi perairan tenang (*steady*).
3. Tidak melakukan *open water test*.
4. Analisa hanya terbatas pada *single propeller* pada kapal ro-ro 17.5 knot Surabaya – Kalimantan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

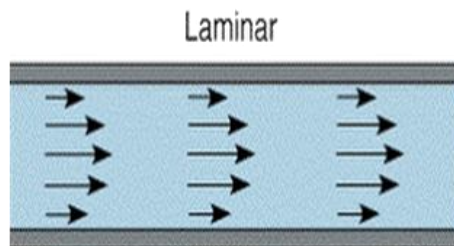
2.1 Aliran Fluida

Aliran fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai fluida yang mengalir. Air dalam pipa PDAM kemudian keluar melalui keran, air disungai-sungai, sampai minuman dalam gelas yang diaduk dengan sendok. Kejadian2 seperti itu ada di sekitar kita. Dalam aliran fluida semacam itu terdapat fenomena yang bisa dipelajari. Ada hal-hal yang berpengaruh satu sama lain. Jenis zat, kekentalan, kecepatan alir, dll. Berdasarkan karakteristik struktur internal aliran, aliran fluida dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu aliran laminar dan turbulen.

2.1.1 Macam-macam Aliran

a. Aliran Laminar

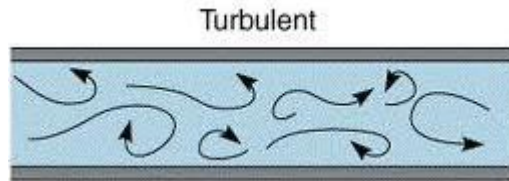
Aliran Laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lanima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran ini mempunyai Bilangan Reynold lebih kecil dari 2300.



Gambar 2.1 Aliran Laminar
(sumber : Khammal's Blog)

b. Aliran Turbulen

Aliran Turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynold digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tak terlihat. Aliran turbulen mempunyai bilangan Reynold yang lebih besar dari 4000. Aliran yang mempunyai bilangan Reynold antara 2300 – 4000 ada yang menyebut sebagai aliran dalam keadaan transisi. Perubahan dari kondisi laminar menuju aliran turbulen.

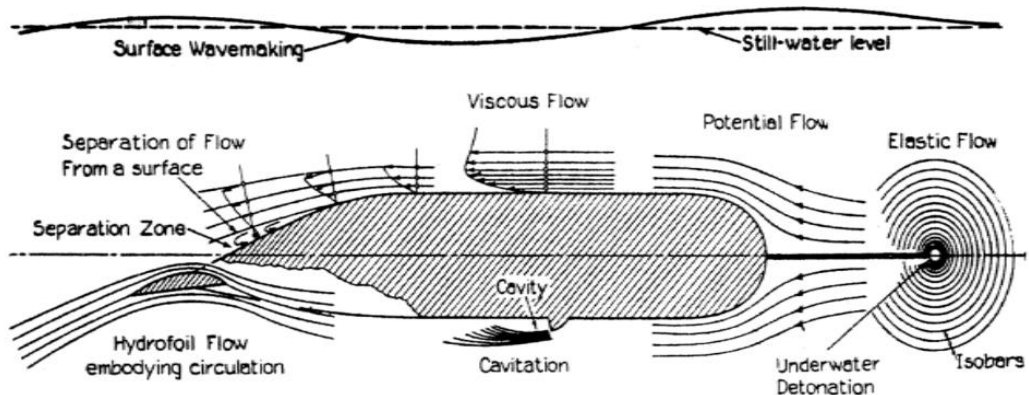


Gambar 2.2 Aliran Turbulen
(sumber : Khammal's Blog)

2.1.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida Pada Kapal

Menurut I Made Ariana dalam Bahan Ajar Tahanan dan Propulsi Departemen Teknik Sistem Perkapalan 2014 [1] dalam perkapalan, ada beberapa jenis dari aliran yang mengalir pada lambung kapal. Diantaranya :

- Potential flow
- Viscous flow
- Wave making
- Circulation / Vortex motion
- Cavitation
- Hydrofoil flow
- Elastic / Compressible flow

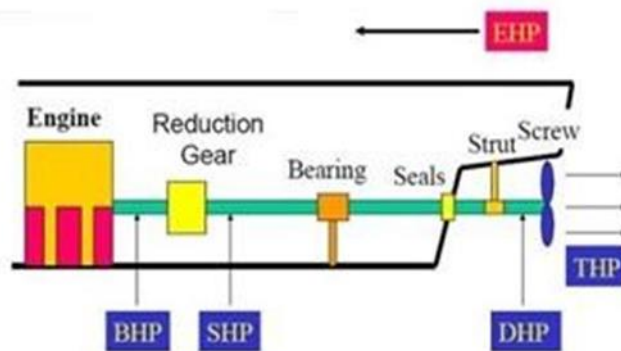


Gambar 2.3 Jenis-jenis Aliran di Kapal
(sumber : materi ajar Tahanan dan Propulsi Kapal)

2.2 Distribusi Daya di Kapal

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (DHP) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (SHP), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (BHP) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Ada beberapa pengertian mengenai daya yang

sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain : (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal I.1) [2]



Gambar 2.4 Distribusi Daya Engine ke Propeller
(sumber : Helmidadang's Blog)

2.2.1 BHP (Brake Horse Power)

BHP (*Brake Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak utama kapal. Penggerak utama kapal adalah bagian dari sistem penggerak yang mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanis (putaran). Untuk kebanyakan kapal, penggerak utama kapal adalah berupa turbin uap, turbin gas, atau juga motor diesel. [3]

$$BHP = \frac{SHP}{\eta_G} \quad (1)$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power*(HP)

η_G = Effisiensi roda sistem gigi transmisi (%)

2.2.2 SHP (Shaft Horse Power)

SHP (*Shaft Horse Power*) adalah daya keluaran dari *reduction gear* (jika terdapat *reduction gear*). *Reduction gear* diperlukan untuk menurunkan putaran yang tinggi tiap menitnya (*rpm*) dari penggerak utama hingga mencapai putaran yang sesuai dengan putaran *propeller* pada operasi yang optimal. [3]

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s \eta_b} \quad (2)$$

Dimana :

DHP = *Delivery Horse Power*(HP)

$\eta_s \eta_b$ = *shaft transmission efficiency*. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$ = 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100% -2%)

2.2.3 DHP (Delivery Horse Power)

DHP (*Delivery Horse Power*) adalah daya yang diedarkan oleh poros ke *propeller*. Jumlah dari daya yang diedarkan ke *propeller* akan lebih kecil dari *shaft horse power* dikarenakan adanya kehilangan daya saat transmisi di poros. Kehilangan yang terjadi relative kecil 2-3 %.

$$DHP = \frac{EHP}{PC} \quad (3)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

PC = Coefisien Propulsif (%)

2.2.4 THP (Thrust Horse Power)

THP (*Thrust Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan dikarenakan daya dorong *propeller*. THP lebih kecil daripada DHP karena adanya kehilangan daya yang terjadi saat mengubah gaya rotasi *propeller* ke dalam gaya dorong menggerakkan kapal. [3]

$$THP = EHP \times \eta_H \quad (4)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

η_H = *hull efficiency* (%)

2.2.5 EHP (Effective Horse Power)

EHP (*Effective Horse Power*) adalah besarnya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kapal. [3]

$$EHP = RT \times V_s \quad (5)$$

Dimana :

V_s = Kecepatan kapal (m/s)

RT = Tahanan total kapal (kN)

2.2.6 Efisiensi Sistem Penggerak kapal. [3]

Dalam menghitung interaksi antara badan kapal dengan propeller ini dipakai untuk menentukan gaya dorong (thrust) yang diperlukan oleh sebuah kapal berdasarkan karakteristik dari propeller yang terpasang di buritan kapal.

a. Perhitungan efisiensi lambung (η_H)

Efisiensi lambung merupakan perbandingan antara daya efektif (P_e) dan daya dorong (P_T). Efisiensi lambung ini merupakan suatu bentuk ukuran kesesuaian rancangan lambung terhadap propulsor arrangement nya, sehingga efisiensi ini bukanlah bentuk power conversion yang sebenarnya. Efisiensi lambung dapat dirumuskan :

$$\eta_h = (1-t) / (1-w) \quad (6)$$

Dimana : t = *thrust deduction*
 coefficient w = *wake friction*

b. Perhitungan *thrust deduction factor* (t)

Rotasi dari propeller menyebabkan air didepan propeller untuk dihisap ke arah *propeller*. Hal ini menyebabkan tahanan tambahan di atas lambung dan biasanya disebut *augment of resistance*. [2]

$$t = 0,5 \times C_p - 0,12 \quad (\text{Single Screw}) \quad (7)$$

$$t = 0,5 \times C_p - 0,19 \quad (\text{Twin Screw}) \quad (8)$$

Dimana :

C_p = Koefisien Prismatic

c. Perhitungan *Wake Fraction*

Wake adalah arus ikut yang terjadi pada bagian buritan kapal sekitar propeller. *Wake fraction* (*twin screw*) dapat dicari menggunakan persamaan berikut : [2]

$$\begin{aligned} &(\text{Single Screw with normal stern}) \\ W &= 0,7 \times C_p \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} &(\text{Single Screw with stern-bulb}) \\ W &= 0,5 \times C_p \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} &(\text{Twins Screw}) \\ W &= 0,7 \times C_p - 0,3 + 0,3 \times (0,4 - a/b) \end{aligned} \quad (11)$$

Dimana :

C_p = Koefisien *Prismatic*

a = Jarak Antara 2 Poros (m)

b = Lebar Kapal (m)

d. Perhitungan *Speed of Advance*

Speed Of Advance adalah kecepatan aliran yang terdapat pada *propeller*. Kecepatan aliran air yang melalui *propeller* lebih rendah daripada kecepatan aliran air yang melalui kapal. [3]

$$V_a = (1 - w) \times V_s \quad (12)$$

Dimana :

W : *Wake Friction*

V_s : Kecepatan kapal (m/s)

e. Perhitungan efisiensi baling baling (η_{prop})

Efisiensi baling baling merupakan perbandingan antara daya dorong (P_T) dengan daya yang disalurkan (P_D). Efisiensi ini merupakan *power conversion* dan perbedaan nilai yang terjadi adalah terletak pada dimana

pengukuran torsi *propeller* dilakukan, yakni apakah pada kondisi *open water* (Q_o) atau pada kondisi *behind the ship* (Q_D) seperti ditunjukkan persamaan dibawah : [3]

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \textit{propeller} \text{ (open water test)} \\ \eta_o = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_o \times n \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \textit{propeller} \text{ (behind the ship)} \\ \eta_b = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_d \times n \end{aligned} \quad (14)$$

Dimana :

T = gaya dorong kapal

V_a = *speed of advance*

Q_o = torsi kondisi *open water*

N = putaran *propeller*

Q_d = torsi kondisi *behind the ship*

f. Perhitungan transmisi poros (η_s)

Secara umum sangat tergantung dari bentuk *stern arrangement* nya. Efisiensi ini dirumuskan : [3]

$$\eta_s = P_d / P_s \quad (15)$$

Dimana :

P_d = *Delivery horse power*

P_s = *Shaft horse power*

g. Perhitunagn keseluruhan efisiensi pada sistem penggerak kapal (*propulsive coefficient Pc*)

Propulsive coefficient merupakan hasil dari keseluruhan efisiensi di masing masing phrase daya yang terjadi pada sistem propulsi kapal. Efisiensi keseluruhan dapat diperoleh dengan persamaan berikut : [3]

$$P_c = \eta_b \times \eta_h \times \eta_s \quad (16)$$

Dimana :

η_h = efisiensi lambung

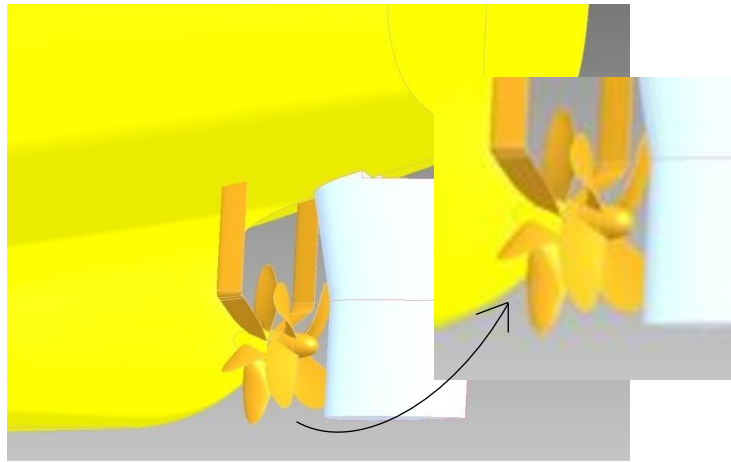
η_b = efisiensi *propeller* (*behind the ship*)

η_s = efisiensi poros

2.3 Pre-swirl stator

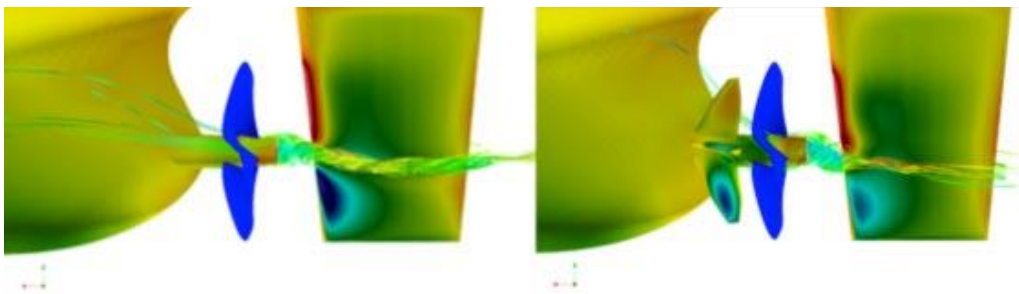
Pre-swirl adalah suatu alat bantu yang dipasang di lambung kapal yang terdiri dari beberapa bilang *stator* tepatnya lambung pada bagian buritan kapal yang posisinya berada di depan *propeller*. *Pre-swirl* ini berupa bilah *stator* yang menyerupai *propeller*, namun tidak berputar atau dalam kondisi diam. Dari sudut pandang hidrodinamik, perbedaan antara kombinasi *pre-stator propeller* dan

counter-rotating propeller kecil. *Pre-swirl stator* adalah baling-baling depan yang rotasinya nol.



Gambar 2.5 Contoh *Pre-swirl stator* pada Kapal Bulk carrier
(sumber : “On the Design and Analysis of *Pre-swirl stators* for Single and Twin Screw Ships”)

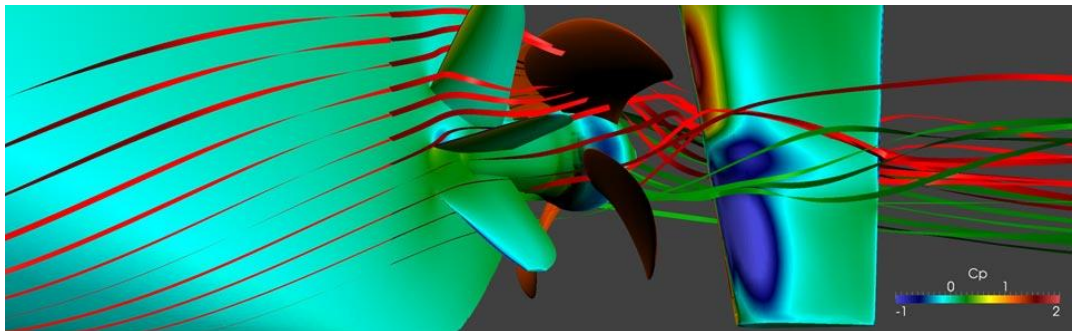
Skema perhitungan numerik untuk kombinasi *pre-swirl stator* dan *propeller* dapat dijaga tetap sama seperti yang diikuti untuk perancangan *contra-rotating propeller*. Dalam perhitungan tersebut masing-masing dari dua *propeller* bekerja di bidang arus yang awalnya tidak diketahui. Kecepatan masuk baling-baling ditentukan tidak hanya oleh bangun hull tapi juga oleh medan alir yang diinduksi oleh baling-baling lainnya. Kecepatan masuk *propeller* tidak hanya oleh *hull-wake*, tetapi juga oleh medan aliran yang diinduksi oleh *propeller* lainnya. Kecepatan induksi hulu seharusnya diarahkan secara aksial karena torsi tidak dapat diberikan pada aliran hulu jika efek viskositasnya kecil. Kecepatan yang diinduksi ke hilir dari *propeller* normal dapat didekomposisi menjadi komponen aksial dan melingkar. Kecepatan hulu jauh lebih rendah dari pada hilir *propeller*. Ini memiliki arti bahwa aliran *propeller* konvergen menuju penampang melintang yang lebih kecil pada arah buritan. [4]



Gambar 2.6 Contoh aliran tanpa dan dengan *pre-swirl stator* pada CFD
(sumber : www.hsva.de)

Situasi yang sedikit berbeda muncul dalam arus di sekitar *pre-swirl stator*. Kecepatan yang diinduksi diarahkan hampir sepenuhnya dalam arah melingkar dengan komponen yang relatif kecil yang diarahkan ke depan. Karakter aliran melalui *stator disc* agak berbeda dan tidak memiliki sifat spiral yang khas dari *propeller* yang berputar.

Selanjutnya, berbeda dengan *contra-rotating propeller* riil dan *post-swirl stator*, *pre-swirl stator* memiliki pitch rata-rata yang sama dengan *propeller* belakang. Jadi, di depan *propeller* kanan, *stator pre-swirl* kanan harus dipasang. Pada semua penelitian desain sebelumnya dari *pre-swirl stator* bahwa sudut pitch dari *stator blades* di daerah ujung harus mendekati 90° . [5]



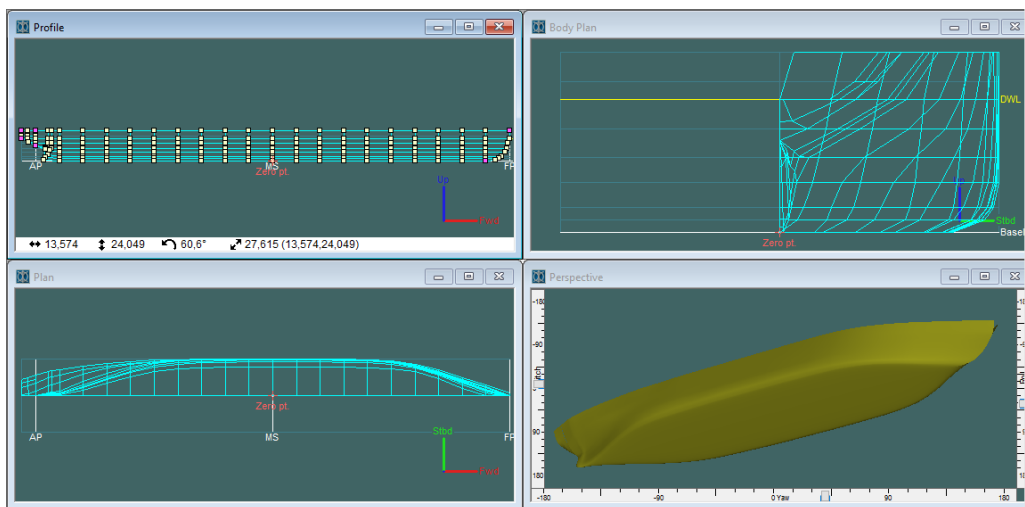
Gambar 2.7 Analisa aliran *pre-swirl stator* pada CFD
(sumber : www.hsva.de)

Penelitian tentang perangkat seperti sirip stator atau *pre-swirl*, telah banyak diteliti oleh peneliti. Sunho Park dkk. (2015) menggunakan perangkat lunak komersial STAR-CCM + untuk mempelajari efek hemat energi dari stator pra-putar (PSS) yang terpasang di KVLCC2. . Hsieh dkk. (2013) secara tepat menganalisis arus dengan dan tanpa *pre-swirl stator* asimetris dengan menggunakan CFD. Mereka berfokus pada kehilangan energi dengan / tanpa ESD untuk mengklarifikasi mekanisme penghematan energi. Kim dkk. (2014) menyelidiki efek skala untuk *pre-swirl* perangkat hemat energi tipe seperti saluran dan saluran dengan sirip stator *pre-swirl* menggunakan CFD. Mereka menunjukkan bahwa kinerja perangkat hemat energi berkurang saat jumlah Reynolds meningkat.

Penentuan ukuran dari *pre-swirl stator* sendiri ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu besar diameter dari *pre-swirl* yang disamakan dengan propeller yang digunakan. Untuk sudut dari *pre-swirl* sendiri bisa di variasikan. Menurut John dkk , Jumlah bilah stator sama-sama tidak pernah diambil sama dengan jumlah bilah *propeller* karena ini akan menimbulkan dorongan dan torsi bergetar besar. Namun untuk beberapa kondisi hal tersebut juga menjadi pertimbangan. Jumlah pisau stator harus dipilih sehingga kelipatan paling sedikit dari jumlah bilah *propeller* dan bilah stator berukuran besar, misalnya 5 dan 9. Juga diameter stator harus sekitar 15 persen lebih besar dari pada *propeller* untuk menghindari pengguntingan vorteks ujung stator-blade pada bilah *propeller*. [5]

2.4 Maxsurf

Maxsurf merupakan program *system modeling* permukaan dimensional (*surface*) untuk mendesain bentuk lambung kapal (*hull*). *Maxsurf* mempertimbangkan percobaan sistematis dan optimasi cepat tentang segala desain baru. Dengan *software* ini juga dapat mendesain berbagai macam bentuk lambung kapal dengan membaginya kedalam beberapa bagian *surface* berdasarkan ketebalan dari kulit lambung kapal tersebut atau langsung membentuk satu bagian utuh lambung kapal dengan satu *surface*. *Maxsurf* memiliki keuntungan lebih yaitu mengetahui luasan tiap – tiap bagian lambung, misalnya luasan pada bagian bottom, luasan pada bagian sisi lambung, luasan pada bagian rail, luasan pada bagian *transom* dan *deck*. Output dari mendesain dengan menggunakan *software maxsurf* ini adalah gambar rencana garis, baik itu dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi, luas permukaan tiap – tiap bagian lambung dan total keseluruhan lambung, *displacement* serta kurva CSA. [6]



Gambar 2.8 Pemodelan Lambung Kapal pada Software Maxsurf

2.5 CFD (Computational Fluid Dynamics)

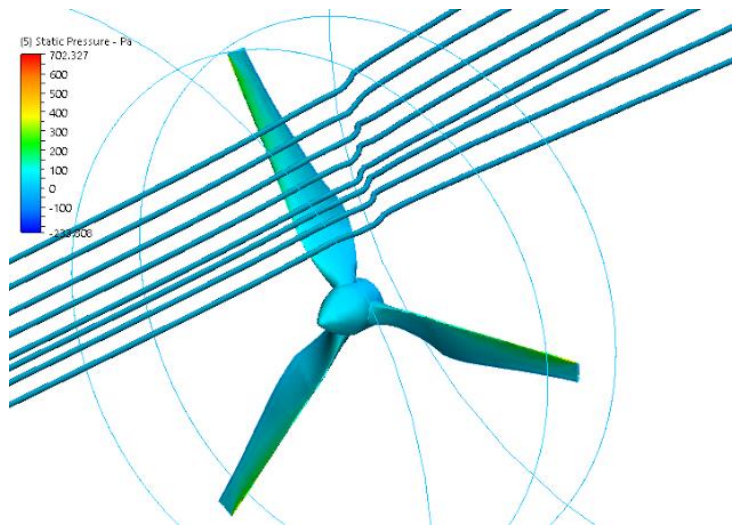
CFD (*Computational Fluid Dynamics*) adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numeric dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu : [7]

- *Preprocessor*

PreProcessor merupakan tahapan awal dalam *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yang merupakan tahapan input data yang meliputi penentuan *domain*

dan *boundary condition*. Pada tahapan ini juga dilakukan meshing, dimana benda yang dianalisa dibagi dalam jumlah grid tertentu.

- Processor
Tahap selanjutnya adalah tahap processor, dimana pada tahap ini dilakukan proses perhitungan data yang telah dimasukkan menggunakan persamaan terkait secara iterative hingga hasil yang didapatkan bisa mencapai nilai *error* terkecil.
- Post processor
Tahap terakhir adalah tahap post processor, hasil dari perhitungan pada tahap processor akan ditampilkan dalam gambar, grafik maupun animasi.

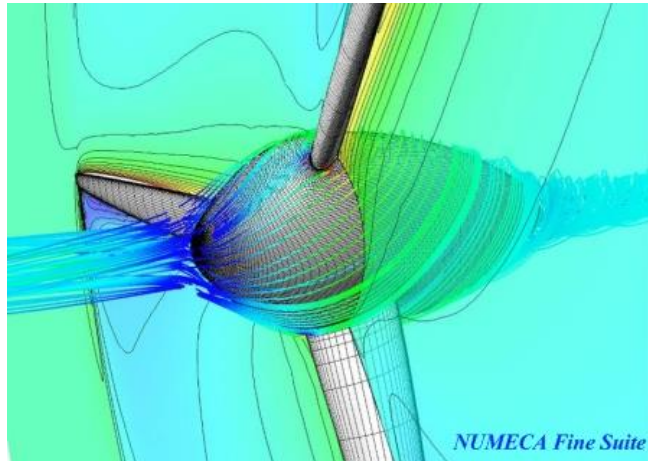


Gambar 2.9 Analisa aliran pada CFD
(sumber : Aeroengineering.co.id)

2.6 NUMECA CFD

NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD *NUMECA International*. *NUMECA* mempunyai produk untuk pengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada skripsi ini. Peneliti menggunakan *NUMECA* Versi 7.1 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari *NUMECA* student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. *NUMECA* yang berlisensi ini akan ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan *NUMECA*. [8]

Program *NUMECA* CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi lambung kapal dan propeller yang akan dianalisa. Selanjutnya dilakukan modifikasi dengan menambahkan *pre-swirl* pada lambung kapal. Dari pemodelan yang dilakukan akan diperoleh data aliran dan *pressure*-nya.



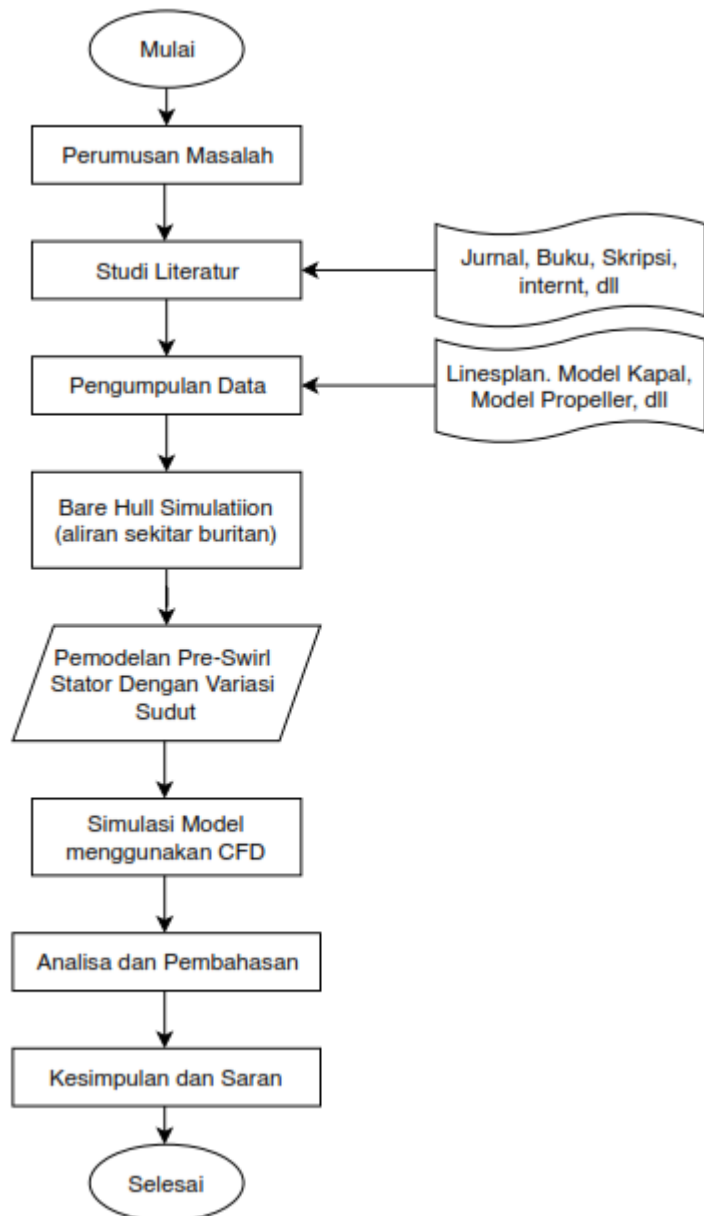
Gambar 2.10 Simulasi aliran pada propeller dari software NUMECA
(sumber : trobelkomputer's Blog)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam perencanaan tugas akhir ini, metodologi yang akan dilakukan telah direncanakan dalam *flow chart* yang telah disusun oleh penulis sebagai mana berikut



Gambar 3.1 Flowchart Diagram

3.2 Perumusan masalah

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengenai pengerjaan yang akan dilakukan dan juga mengidentifikasi masalah yang akan diangkat dalam tugas akhir ini. Pada tahap ini rumusan masalah yang akan diangkat adalah mengenai perbaikan aliran yang terjadi pada saat kapal ferry roro yang beroperasi dipelayaran Surabaya - Makassar menggunakan *single propeller* dengan adanya penambahan *twin propeller* yang diam sebagai tahanan tambahan.

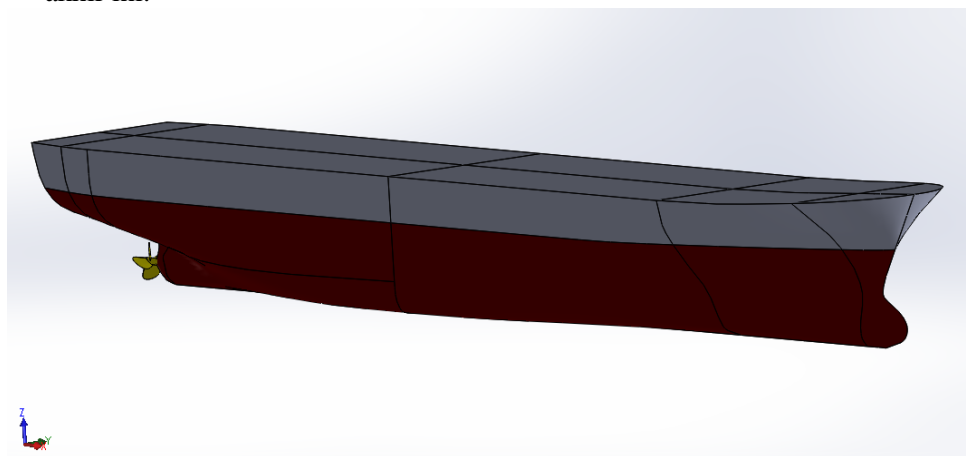
3.3 Studi Literatur

Setelah diketahuinya permasalahan yang akan dibahas, tahap selanjutnya adalah studi literatur. Studi literatur merupakan penelusuran literatur (*referensi*) yang bersumber dari internet, buku, bahan ajar, jurnal serta karya tulis yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan pengerjaan tugas akhir ini. Dengan melakukan studi literatur ini diharapkan solusi dari permasalahan yang di ambil dapat terpecahkan dengan baik.

3.4 Pengumpulan data

Pengumpulan data yang dilakukan berupa mencari referensi mengenai pemecahan masalah yang terkait dengan tugas akhir ini. Data yang didapat untuk menunjang pengerjaan skripsi ini didapat baik dari internet maupun pengambilan data secara langsung. Data-data yang diperlukan untuk acuan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi :

- a. Ukuran utama kapal
- b. *Linesplan*
- c. Model kapal
- d. Model *propeller*
- e. Data-data yang dapat digunakan untuk membantu proses pengerjaan tugas akhir ini.



Gambar 3.2 Model Kapal Roro Ferry

3.5 Bare Hull Simulation

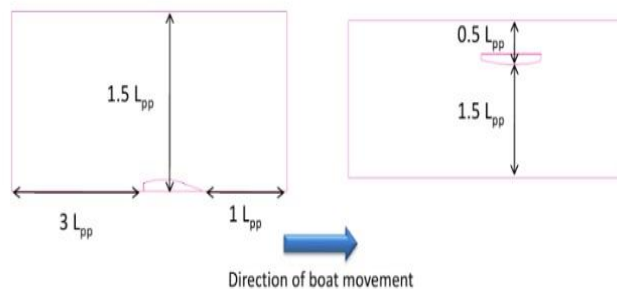
Setelah data yang diperlukan didapatkan, maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan yaitu melakukan *Bare Hull Simulation*. *Bare Hull Simulation* dapat dilakukan dengan adanya data dari model kapal yang didapatkan melalui proses pengumpulan data. *Bare Hull* dilakukan dengan cara melakukan simulasi kembali untuk menganalisis permasalahan yang muncul pada hasil simulasi tersebut.

3.5.1 Proses Geometri CAD

Proses simulasi pada software CFD dimulai dari pembuatan model lambung kapal yang didesain dari *Maxsurf Modeller*, kemudian di *export* ke program CAD 3D untuk merubah model kapal kedalam bentuk *solid*. Model kapal yang terdiri dari *surface-surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah model kapal sudah menjadi bentuk *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid (.x_t)* yang digunakan untuk simulasi.

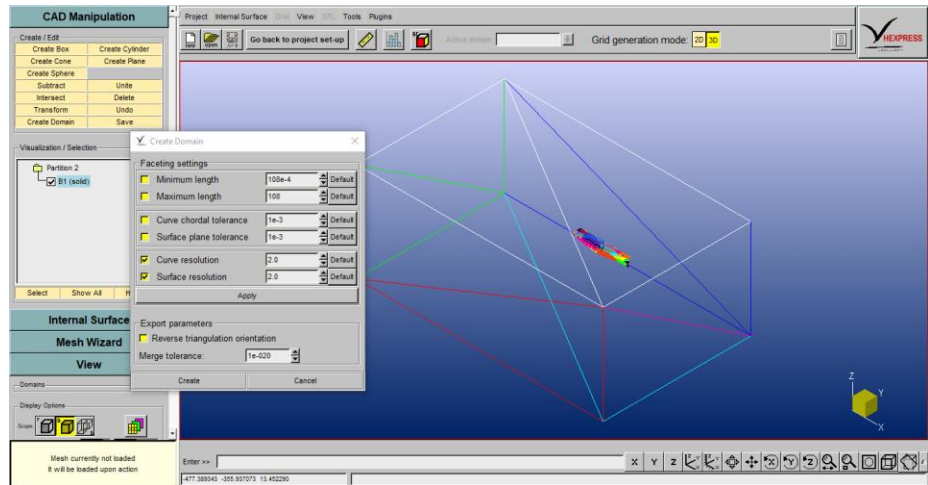
3.5.2 Meshing

Setelah proses permodelan geometri kapal selesai maka dapat dilanjutkan dengan proses *meshing*. Pada tahapan *meshing* ini, model diubah dari bentuk geometri menjadi elemen-elemen dan node-node yang lebih kecil dan spesifik. Pada proses pengujian model, setiap elemen-elemen tersebut akan dilakukan perhitungan oleh software CFD.



Gambar 3.3 Standart Ukuran *Boundary Domain*

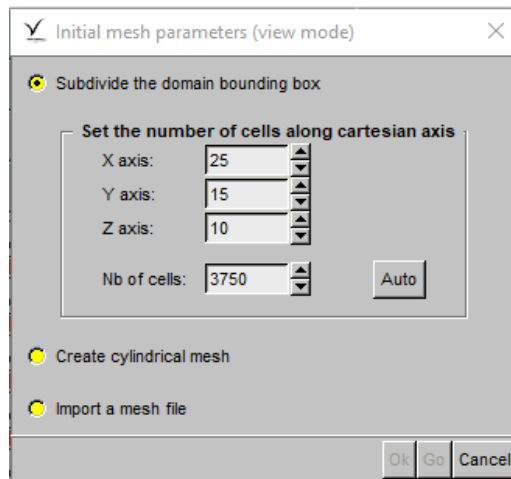
Dalam NUMECA Hexpress, untuk memulai pengaturan yang pertama yaitu menentukan ukuran domain. Ukuran domain memiliki standar *boundary* berdasarkan standar yang sudah ditentukan agar hasil analisa bisa sesuai dengan keadaan lingkungan sebenarnya.

Gambar 3.4 Konfigurasi *Domain*

Pembuatan domain dilakukan sesuai dengan rekomendasi standar ukuran domain dari NUMECA, bentuk geometri kapal yang digunakan yaitu *full-body*, hal ini juga akan mempengaruhi lama waktu pada saat *running* berdasarkan pada jumlah cell dari hasil meshing. Jumlah cell yang semakin kecil akan mempersingkat waktu pada saat *running*.

Pada proses simulasi ini domain yang digunakan yaitu *multi-domain* yaitu menggunakan dua domain yang nantinya kedua domain tersebut akan digabungkan dan dilakukan simulasi. Setelah membuat domain, langkah selanjutnya yaitu proses *meshing*. Pada proses ini adapun domain yang dimeshing domain kapal dan domain *propeller*. *Meshing* yang pertama yaitu *meshing* domain kapal danyang selanjutnya *meshing* domain *propeller*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam NUMECA Hexpress sebagai berikut :

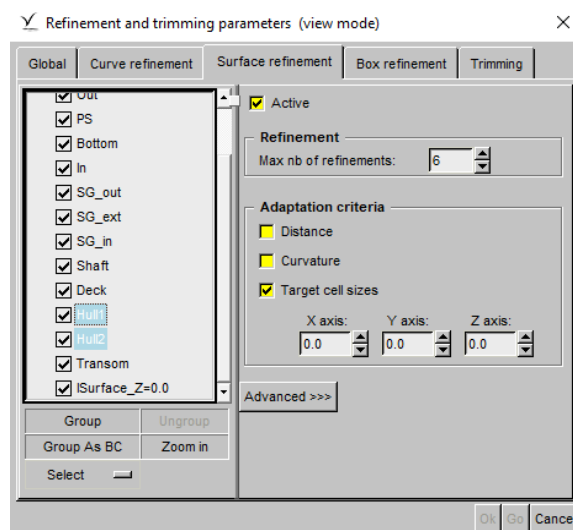
1. *Initial Mesh*



Gambar 3.5 Konfigurasi *Initial Mesh*

Dalam *Initial Mesh*, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. Domain dibagi menjadi cell dalam bentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan.

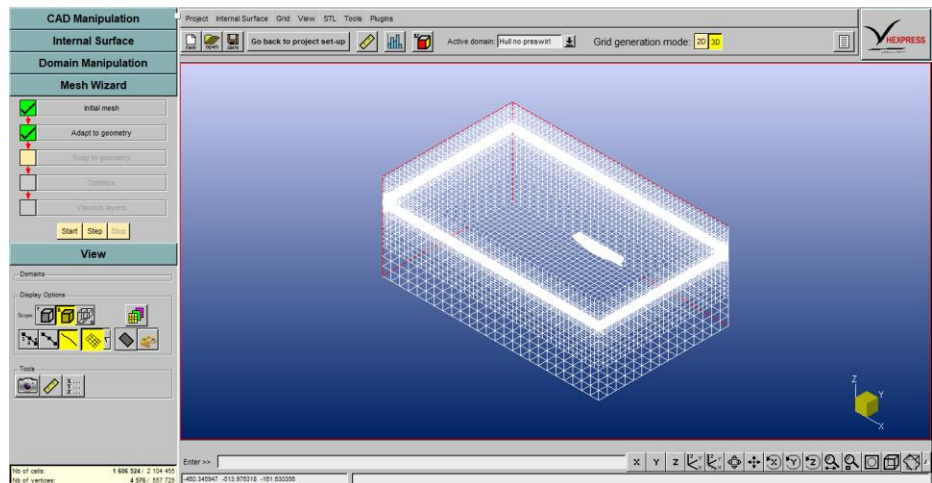
2. *Adapt to Geometry*



Gambar 3.6 Konfigurasi *Adapt to Geometry*

Dalam proses *Adapt to Geometry*, perlu dilakukan langkah *Refinement* terhadap cell-cell yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Fungsi dari menu ini selain untuk penghalusan, dilakukan juga

proses trimming yaitu menghapus cell-cell kecil yang saling menyilang antar bagian atau cell- cell yang berada diluar geometri.



Gambar 3.7 Tampilan Mesh setelah langkah *Adapt to Geometry*

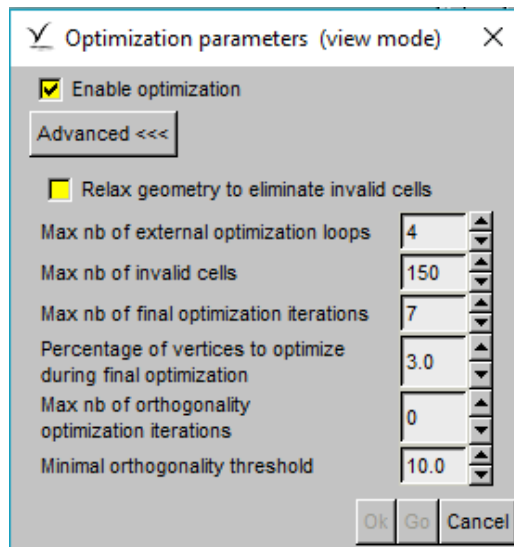
3. *Snap to Geometry*



Gambar 3.8 Konfigurasi *Snap to Geometry*

Tujuan dari langkah Snap to Geometry adalah untuk memproyeksikan mesh yang didapat dari hasil pada proses sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri baru yang lebih halus.

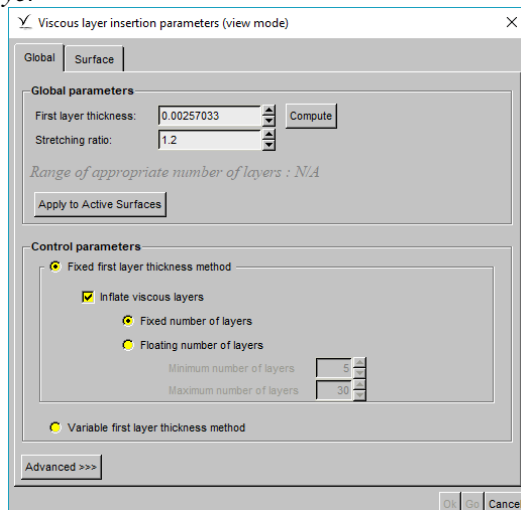
4. Optimize



Gambar 3.9 Konfigurasi *Optimize*

Dalam menu pilihan *Optimize*, memiliki fungsi untuk mengoptimalkan terhadap hasil mesh yang memiliki kondisi atau kualitas buruk seperti *negative cells*, *concave cells*, *twisted cells*. sedangkan untuk mengetahui kualitas kondisi dari cell dapat dilihat dengan memilih menu *mesh quality*.

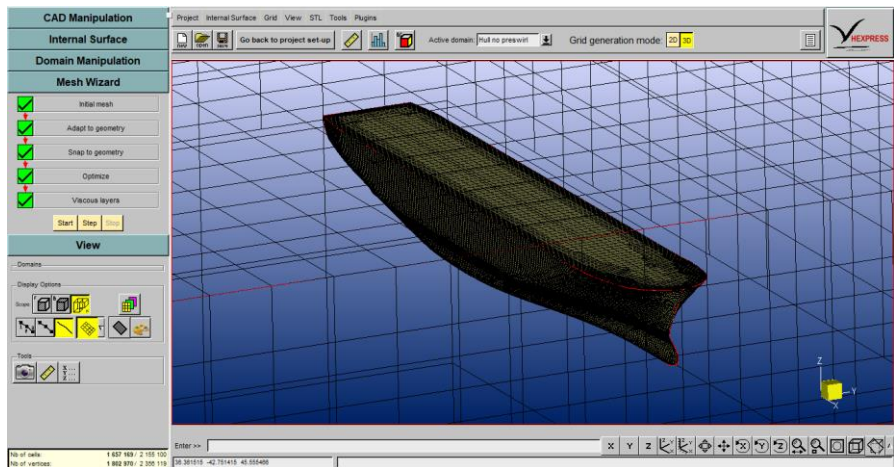
5. Viscous Layer



Gambar 3.10 Konfigurasi *Viscous Layer*

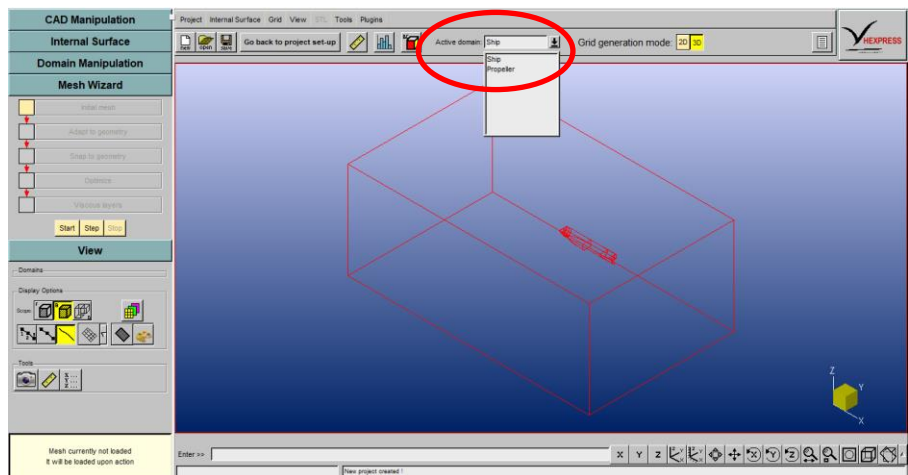
Dalam *Viscous Layers*, dilakukan beberapa langkah pendekatan yang lebih spesifik dalam penyisipan lapisan *viscous* fluida berdasarkan kecepatan

sehingga dapat menghasilkan bilangan *Reynolds Number* dan bilangan *Froud Number* yang dipengaruhi oleh kecepatan dan ukuran dari kapal tersebut.



Gambar 3.11 Hasil *Mesh* Setelah *Viscous Layer*

Setelah domain kapal selesai, selanjutnya *meshing* domain *propeller*. Pada NUMECA Hexpress *import* domain propeller terlebih dahulu pada menu *project – import – domain*, pada *active domain* akan muncul domain propeller dan pilih domain propeller untuk dilakukan *meshing*. Lakukan langkah yang sama pada proses *meshing* seperti pada domain kapal.



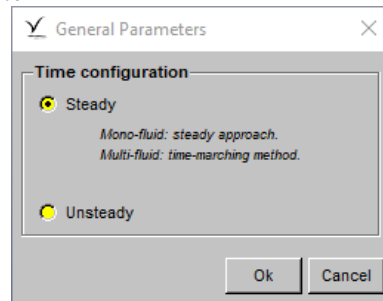
Gambar 3.12 *Meshing* Domain Propeller

3.5.3 Pengaturan Simulasi CFD

Proses selanjutnya setelah dilakukan proses *meshing* dan deifinisi geometri adalah melakukan konfigurasi terhadap simulasi aliran yang

akan dilakukan pengujian. berikut merupakan parameter-parameter yang perlu didefinisikan :

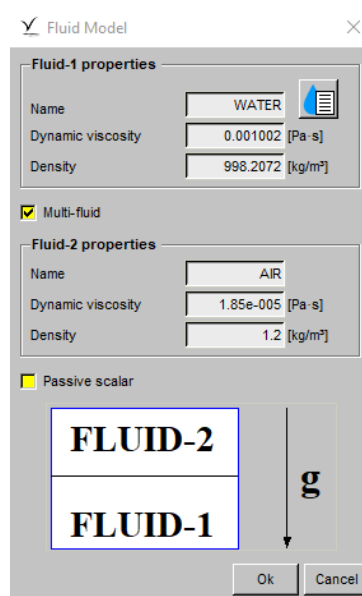
1. *General Parameter*



Gambar 3.13 Konfigurasi *General Parameter*

Dalam parameter umum, khusus untuk konfigurasi waktu pada hasil dari simulasi saat time step yang telah ditentukan. Terdapat 2 jenis pilihan yaitu *Steady* dan *Unsteady*. *Steady* digunakan ketika ingin mendapatkan hasil running pada saat time step yang terakhir. Sedangkan *Unsteady* digunakan jika ingin mendapatkan hasil simulasi pada saat time step tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi menu *Steady*.

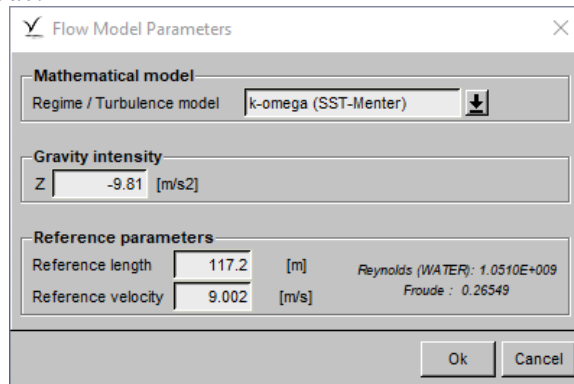
2. *Fluid Model*



Gambar 3.14 Konfigurasi *Fluid Model*

Dalam proses konfigurasi *Fluid Model*, merupakan fungsi daripada definisi fluida yang digunakan. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan konfigurasi *Multi Fluid* yaitu fluida air dan udara. Bagian fluida air dan udara dipisahkan oleh sebuah *layer internal surface* yang telah dibuat pada proses sebelumnya (penggambaran geometri).

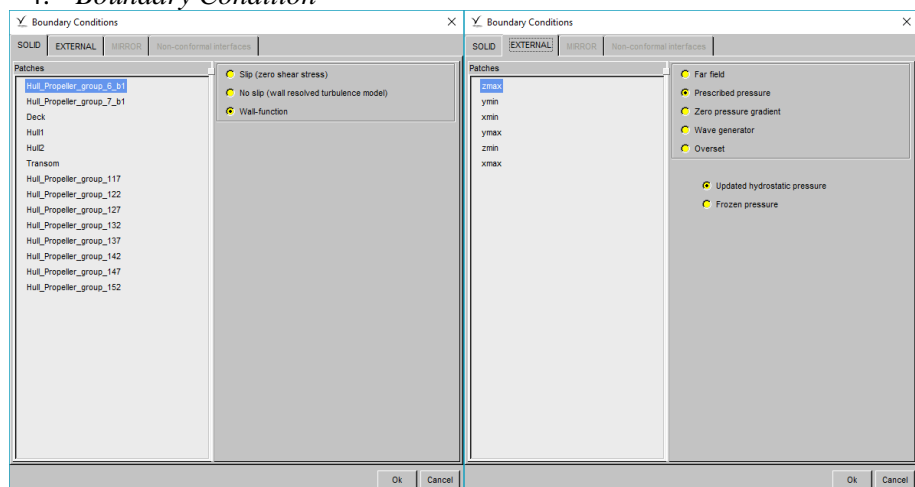
3. Flow Model



Gambar 3.15 Konfigurasi *Flow Model*

Dalam *setting Flow Model* digunakan untuk menentukan karakteristik atau sifat dari aliran yang akan digunakan. Terdapat 2 pilihan yaitu aliran laminar dan aliran turbulen serta intensitas dari gaya gravitasi. Pada bagian *Reference parameters* untuk mendefinisikan perhitungan dari Froude Number dan Reynold Number yang tertuju pada menu pengaturan *Fluid Model*. Pada *reference length input* panjang dari kapal dan *reference velocity input* kecepatan kapal.

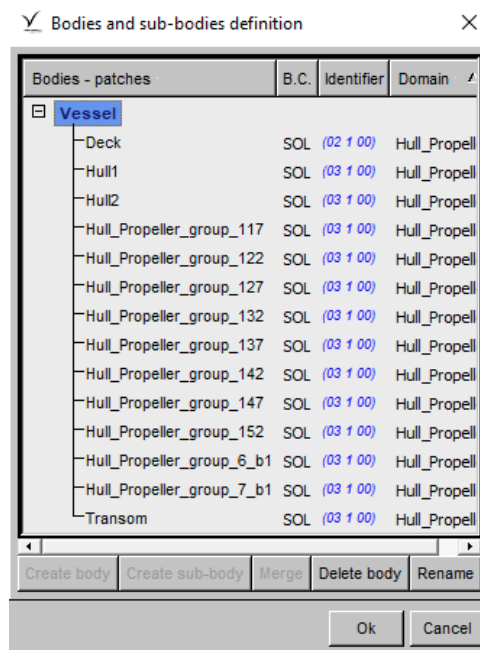
4. Boundary Condition



Gambar 3.16 Konfigurasi *Boundary Condition*

Boundary Condition merupakan pendefinisian dari kondisi batasan-batasan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mendefinisikan body kapal sebagai *solid wall-function*, pada kondisi external dibuat kondisi perairan tenang.

5. *Body Definition*

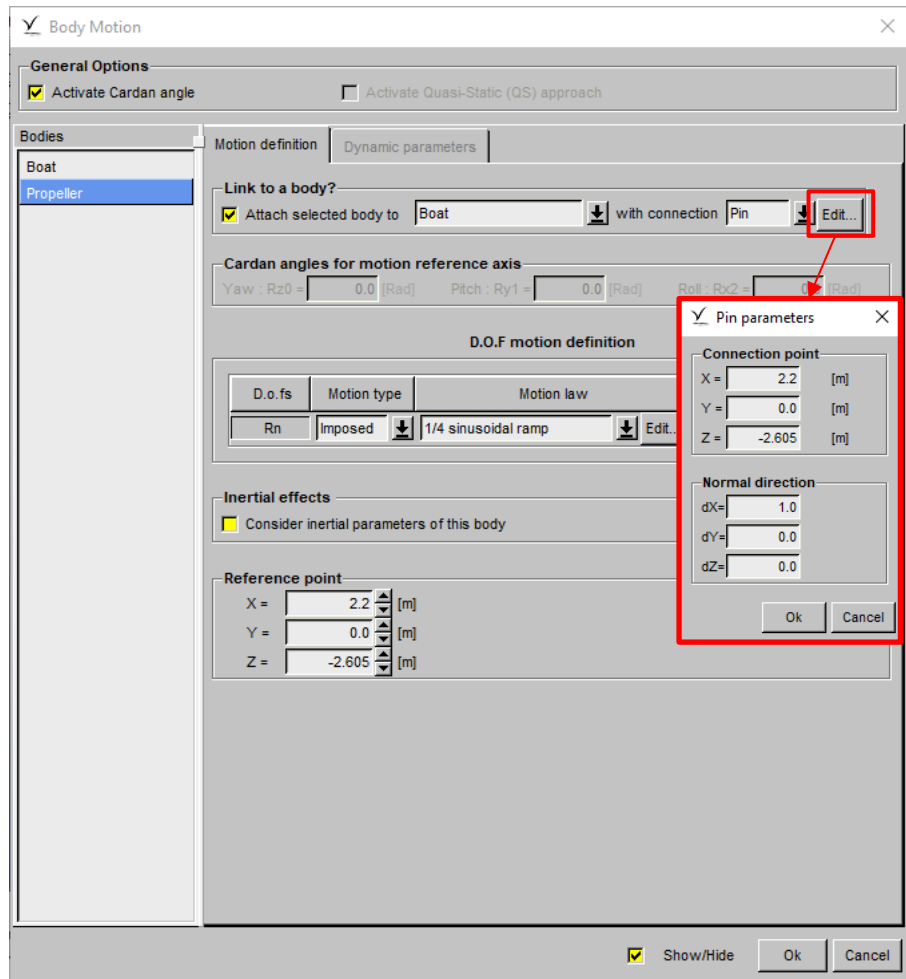


Gambar 3.17 Konfigurasi *Body Definition*

Body Definition dilakukan untuk menentukan bagian-bagian yang akan dijadikan sebuah badan yang akan diuji. Pada konfigurasi ini badan kapal terdiri dari *deck*, *hull* dan *transom*.

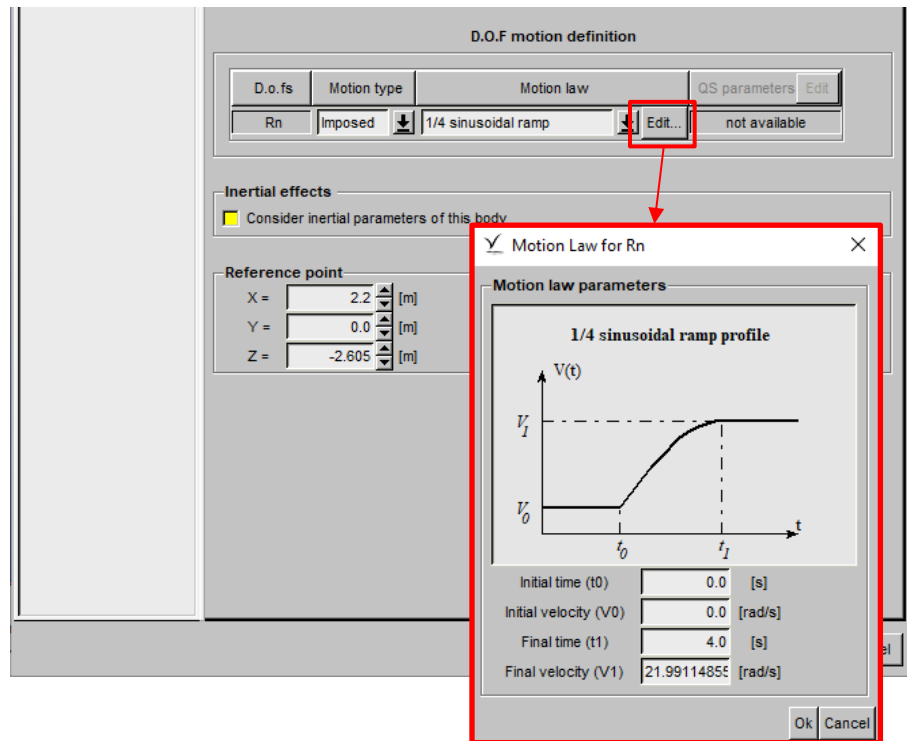
6. *Body Motion*

Body Motion merupakan bagian yang dapat menentukan gerak dari olah gerak badan kapal yang akan dilakukan pengujian. Badan kapal dapat bergerak dengan 6 derajat kebebasan dan konfigurasi untuk menentukan nilai daripada percepatan dan kecepatan dari badan kapal. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan menu *Fixed imposed* terhadap sumbu x dengan memberi beberapa variasi kecepatan tetap.



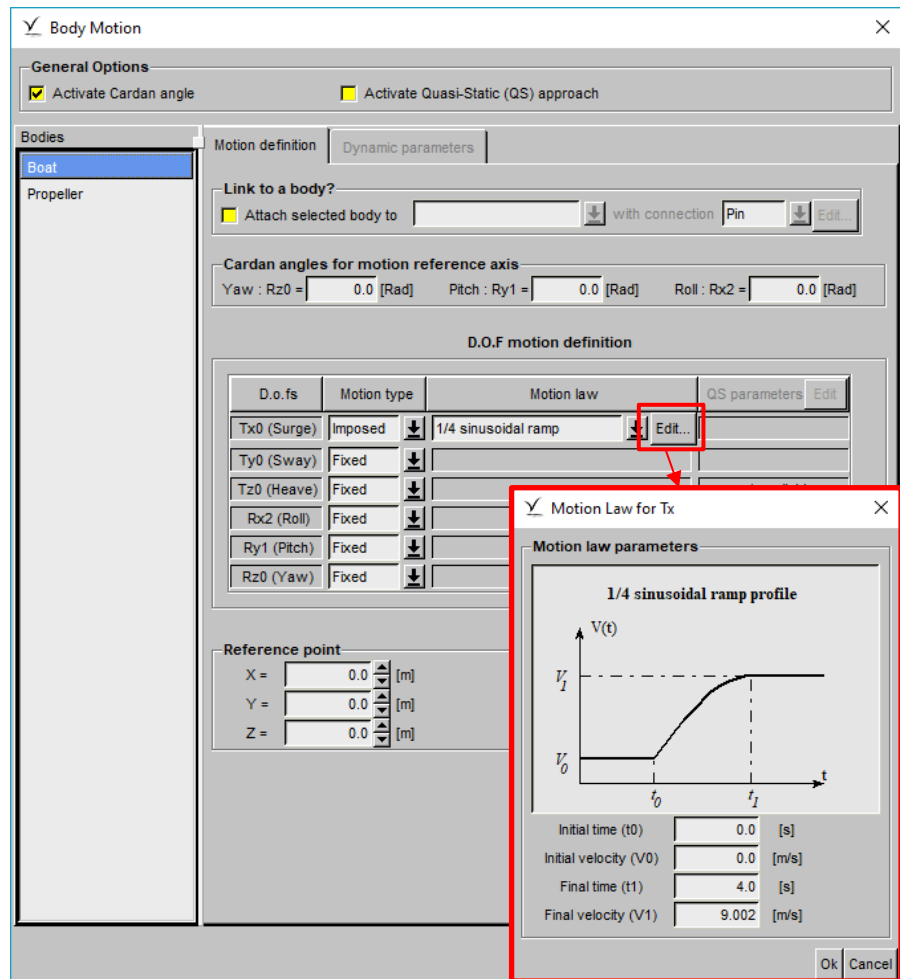
Gambar 3.18 Konfigurasi *Body Motion* Pada Propeller

Pada *body motion* tetap aktifkan “*Activate Cardan Angles*” pada *General Options*. Pilih *propeller* pada *parameter bodies* dan aktifkan “*attach selected body to*” dan pilih “*Boat*” dengan *pin connection* seperti pada Gambar 3.18. pin parameter digunakan untuk sumbu atau titik poros dari perputaran propeller, maka pada connection point isi titik koordinat X Y Z pada titik pusat poros *propeller*. Kemudian ubah pada *motion type* menjadi “*Imposed*” dan *motion law* menjadi “*1/4 sinusoidal ram*” seperti pada gambar 3.19. Klik edit pada motion law dan atur agar final time (t1) dan final velocity (V1) sesuai dengan putaran yang diinginkan.

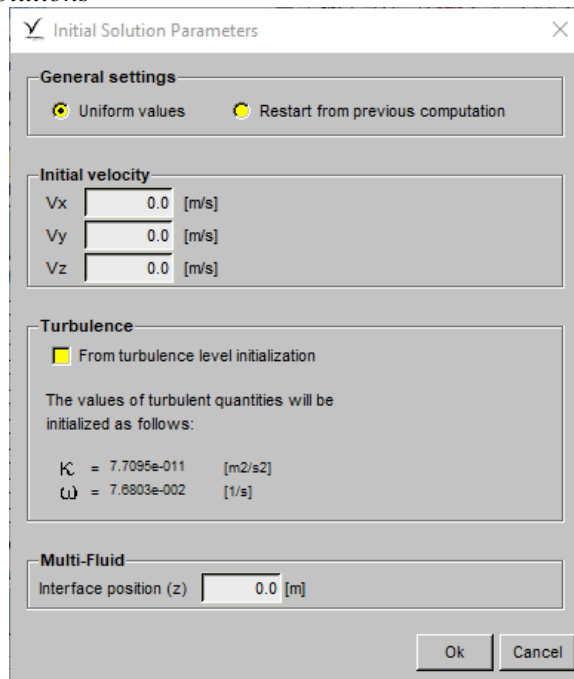


Gambar 3.19 Konfigurasi *Motion Law*

Propeller selesai lanjut ke *Boat*. Pilih *Boat* pada *parameter bodies* dan ubah *motion type* menjadi "**Imposed**" dan *motion law* menjadi "**1/4 sinusoidal ram**". Klik edit pada motion law dan atur agar final time (t_1) dan final velocity (V_1) sesuai dengan kecepatan kapal seperti pada gambar 3.20.

Gambar 3.20 Konfigurasi *Body Motion* pada *Boat*

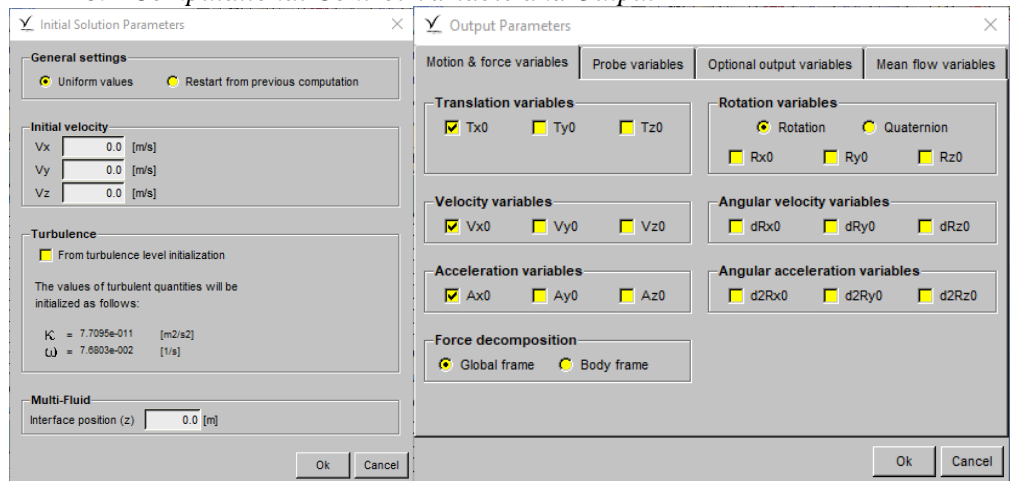
7. Initial Solutions



Gambar 3.21 Konfigurasi Initial Solutions

Initial solutions merupakan sebuah pengaturan yang digunakan untuk menentukan kecepatan awal dari sebuah domain yang akan dilakukan simulasi dan penentuan sarat air kembali.

8. Computational Control Variable and Output

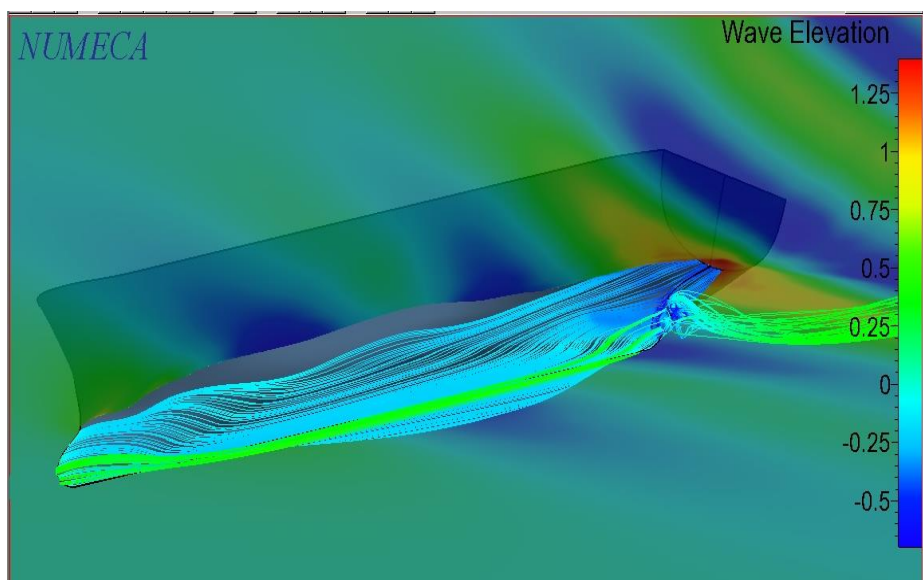


Gambar 3.22 Konfigurasi Control Variable and Output

Control Variabel merupakan sebuah pengaturan yang digunakan untuk menentukan perhitungan jumlah step dan iterasi yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. *Output* untuk menentukan variabel hasil dari proses simulasi. Setelah parameter tersebut sudah ditentukan maka langkah simulasi dapat dijalankan dengan mengaktifkan tombol *solver running*.

3.5.4 Pengumpulan Data

Proses selanjutnya setelah selesai running simulasi, maka data hasil simulasi dapat diperoleh dengan membuka CFView. Pada hasil ini, data yang diambil berupa bentuk arah aliran pada lambung kapal bagian buritan (sebelum *propeller*) yang tidak seragam atau kurang homogen. Dimana dari hal tersebut penulis ingin memperbaiki aliran tersebut serta mencoba untuk meningkatkan *thrust* dengan cara mengaplikasikan *Pre-swirl stator*.



Gambar 3.23 Hasil *running bare hull* pada kecepatan kapal 17.5 knot

3.6 Pembutan Model *Pre-swirl stator*

Dengan adanya hasil dari *bare hull* maka selanjutnya penulis akan melakukan pembutan model *pre-swirl stator*. Disini desain *pre-swirl stator* akan menggunakan foil model NACA 16-006. Foil yang cocok untuk *marine* hanya ada dua model yaitu NACA 16 dan NACA 66. Pemilihan foil NACA 16 berdasarkan perhitungan *reynold number*.

3.7 Simulasi Model

Setelah pemodelan dengan penambahan *pre-swirl stator* dirasa selesai proses selanjutnya yaitu melakukan simulasi untuk mengetahui perubahan dari aliran, *pressure distribution* serta *thrust* yang dihasilkan setelah diberikan

penambahan pre-swirl pada lambung kapal. Proses simulasi ini akan menggunakan *software NUMECA CFD*.

3.8 Analisa dan Pembahasan

Tahap ini akan membahas hasil dari simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *software NUMECA CFD*. Data yang didapatkan dari hasil simulasi akan dilakukan pengolahan baik secara langsung maupun diolah kembali menggunakan analisis guna mendapatkan nilai dan variable yang diinginkan. Kemudian hasil perhitungan tersebut dilakukan analisa untuk menjawab hasil dari tujuan. Dimana pada analisa dan pembahasan ini akan didapat aliran, *pressure distribution*, dan nilai *thrust*.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data yang dikerjakan sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

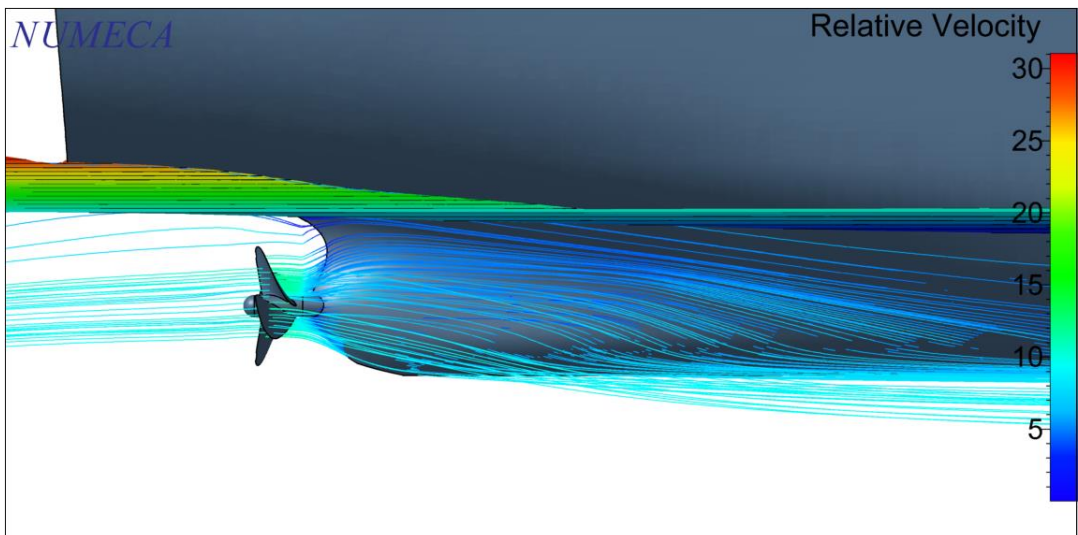
4.1 Gambaran Umum

Analisa data dilakukan dengan membuat model kapal dan *propeller* dengan bantuan beberapa software untuk pemodelan. Kemudian dilakukan analisa dari hasil pemodelan. Dari hasil analisa tersebut didapatkan hasil yang membutuhkan penambahan alat bantu pada lambung kapal yaitu *pre-swirl* untuk memperbaiki aliran dan meningkatkan *thrust* serta melihat *pressure distribution* dari penambahan *pre-swirl* tersebut.

Pada bab ini akan berisi mengenai analisis dan pembahasan mengenai bagaimana desain dari *pre-swirl* yang akan digunakan serta analisis dari penerapan atau pengaplikasian *pre-swirl* ini pada lambung kapal, berdasarkan dengan rumusan masalah penulisan yang telah dibuat. Analisis dan pembahasan ini juga yang nantinya akan menjadi acuan untuk pembuatan kesimpulan pada tugas akhir ini.

4.2 Analisa Aliran dan *Thrust Bare Hull*

Dari simulasi *bare hull* yang dilakukan pada software CFD Fine Marine, didapatkan data berupa aliran pada lambung kapal dan nilai dari *thrust* yang dihasilkan pada 5 variasi kecepatan yaitu pada kecepatan 13 knot, 14 knot, 15 knot, 16,5 knot dan 17,5 knot.



Gambar 4.1 Pola Aliran *bare hull* pada 17.5 knot

Tabel 4.1 Nilai *Thrust* saat *Bare Hull*

No.	Vs (knot)	Vs (m/s)	n (rpm)	Thrust (N)
1	13.0	6.68778	159.4	60487.05
2	14	7.20222	171.7	68295.35
3	15	7.71667	187.6	82998.57
4	16.5	8.48833	210.5	110576.7
5	17.5	9.00277	232.5	118992.8

Aliran yang dihasilkan pada lambung kapal saat *bare hull* memperlihatkan adanya ketidak seragaman atau kurang homogenya aliran yang dihasilkan. Usaha untuk memperbaiki aliran tersebut disini penulis mencoba melakukan penambahan alat bantu pada lambung kapal yaitu *pre-swirl stator*. Selain untuk memperbaiki aliran, pemasangan *pre-swirl stator* juga dapat meningkatkan *thrust*.

4.3 Penentuan *Pre-swirl stator*

Pre-swirl stator pada dasarnya menggunakan foil yang diletakkan pada lambung kapal pada bagian buritan. Pemilihan foil berdasarkan bilangan *Reynold's Number* sebagai acuan untuk penentuan jenis foil yang digunakan. Dan berdasarkan fungsinya juga, foil yang cocok digunakan pada marine hanya ada dua jenis yaitu NACA 16 dan NACA 66. Data pendukung diperlukan untuk menghitung nilai *Reynold Number* berupa ukuran utama kapal. Data ukuran utama kapal dapat dilihat pada table 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Data Ukuran utama Kapal

LBP	108 m
LWL	111.2 m
B	17.2 m
T	4.5 m
H	12.01 m
Cb	0.547
Vs (speed)	17.5 knot
Type	Ferry Roro

Dari ukuran utama kapal, dilakukan pencarian nilai dari *Reynold's Number* dengan menggunakan rumus berikut :

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{V l}{\nu}$$

Dimana :

- V = Kecepatan Aliran
- l = Panjang *chord* (panjang airfoil)
- ρ = Masa jenis fluida
- μ = Viscositas dinamis fluida
- ν = Viscositas kinematis fluida

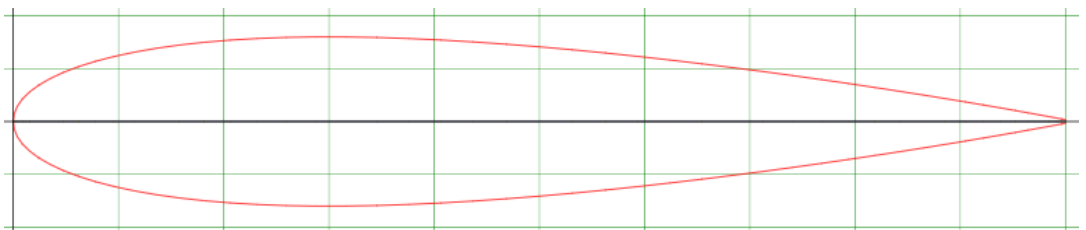
Kemudian dilakukan perhitungan nilai dari *Reynold's Number* mengacu pada ukuran utama kapal pada table 4.1

$$\begin{aligned} Re &= \frac{9.002 \times 0.2}{1.188 \times 10^{-6}} \\ &= 1,515,619 \end{aligned}$$

Dimana :

- V = 17.5 knot = 9.002 m/s
- l = 20 cm = 2 m
- ν = 1.88×10^{-6}

Setelah didapatkan nilai *Reynold's Number*, maka dapat menentukan foil yang akan digunakan dengan nilai dari *Reynold's Number* yang didapatkan yaitu 1,515,619. Untuk mencari tipe NACA atau foil berdasarkan *Reynold's Number* dapat menggunakan Airfoil Tools. Didapatkan spesifikasi tipe NACA yang sesuai dengan perhitungan dari nilai *Reynold's Number*, yaitu NACA 16-006. Berikut geometri yang didapatkan melalui pencarian pada Airfoil Tolls.



Gambar 4.2 NACA 16-006

(sumber : Airfoiltools.com)

Tabel 4.3 Koordinat Foil NACA 16

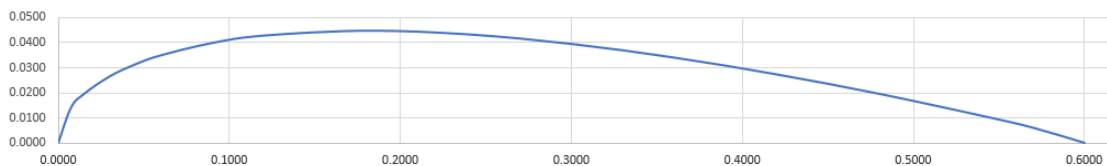
x/c		NACA 16 y/t_{max}
LE	0	0
	0.005	-
	0.0075	-
	0.0125	0.1077
	0.0250	0.1504
	0.0500	0.2091
	0.0750	0.2527
	0.1000	0.2881
	0.1500	0.3445
	0.2000	0.3887
	0.2500	-
	0.3000	0.4514
	0.3500	-
	0.4000	0.4879
	0.4500	-
	0.5000	0.5000
	0.5500	-
	0.6000	0.4862
	0.6500	-
	0.7000	0.4391
	0.7500	-
	0.8000	0.3499
	0.8500	-
	0.9000	0.2098
	0.9500	0.1179
TE	1.0000	0.0100

(sumber : Marine Propeller and Propulsion)

Selanjutnya dengan koordinat foil di atas, barulah dapat dihitung dengan panjang dari foil yang telah direncanakan yaitu sepanjang 0.6 m. maka di dapatkan hasil perhitungan dari table koordinat foil (table 4.3) dengan panjang yang telah direncanakan.

Tabel 4.4 Koordinat Foil NACA 16-006 dengan rencana panjang 0.6 m

x	x/c	y	y/c
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0125	0.0075	0.1077	0.0142
0.0250	0.0150	0.1504	0.0196
0.0500	0.0300	0.2091	0.0267
0.0750	0.0450	0.2527	0.0315
0.1000	0.0600	0.2881	0.0351
0.1500	0.0900	0.3445	0.0401
0.2000	0.1200	0.3887	0.0430
0.3000	0.1800	0.4514	0.0450
0.4000	0.2400	0.4879	0.0435
0.5000	0.3000	0.5000	0.0397
0.6000	0.3600	0.4862	0.0342
0.7000	0.4200	0.4391	0.0275
0.8000	0.4800	0.3499	0.0197
0.9000	0.5400	0.2098	0.0109
0.9500	0.5700	0.1179	0.0060
1.0000	0.6000	0.0100	0.0000



Gambar 4.3 NACA 16-006 dengan rencana panjang 0.6 m

4.4 Pembuatan Model Kapal dengan Penambahan *Pre-swirl stator*

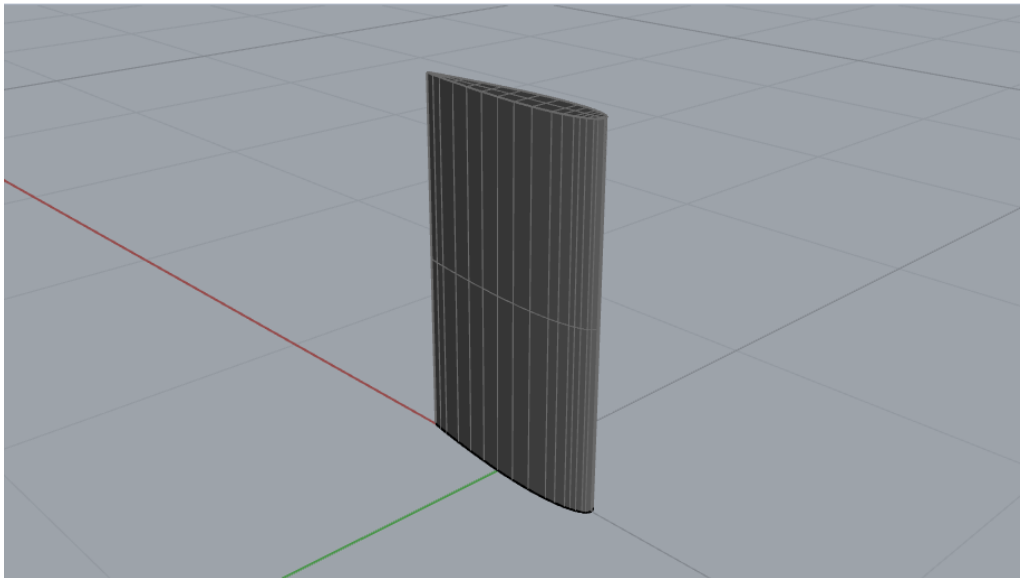
Pembuatan model kapal dengan menambahkan alat bantu berupa *pre-swirl stator*, pembuatan model awal dilakukan pada *software* CAD. Terdapat 3 model dengan jenis variasi sudut kemiringan yang diterapkan pada lambung kapal. Model 1 dengan sudut kemiringan 43°, model 2 dengan sudut kemiringan 45°, dan model 3 dengan sudut kemiringan 48°.

4.4.1 Penggambaran Foil *Pre-swirl stator*

Sebelum melakukan tahap penambahan *pre-swirl stator* pada lambung kapal, terlebih dahulu dilakukan pemodelan pada foil yang akan digunakan sebagai *pre-swirl stator*. Dari koordinat model yang telah direncanakan, pembuatan model foil *pre-swirl stator* dapat dilakukan.

Pemodelan foil *pre-swirl stator* dilakukan dengan menggunakan *software* *Rhinoceros*. Penggambaran model melalui bantuan *software* ini nantinya hasil penggambaran atau *file* di *save* dalam format *parasolid* (*x_t*). Hal ini dilakukan

karena saat akan menggunakan *software NUMECA Fine Marine* data yang akan di input haruslah berupa solid.

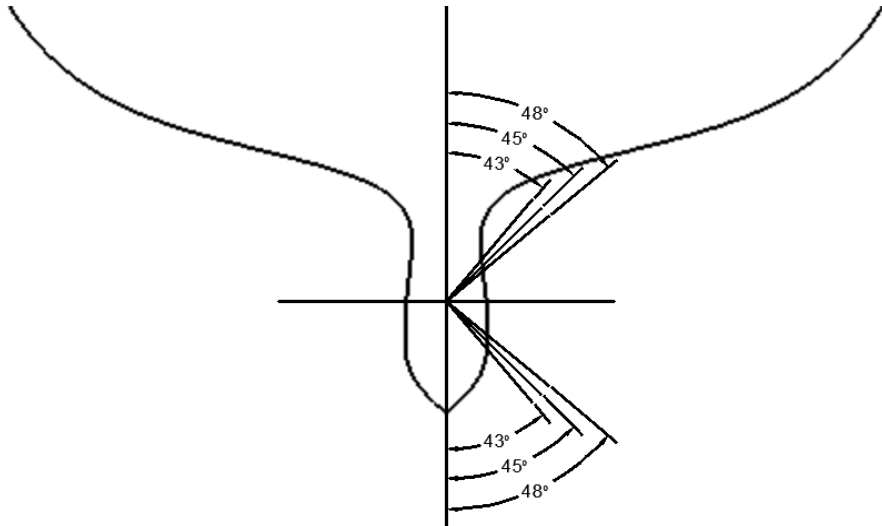


Gambar 4.4 Pemodelan menggunakan *software Rhinoceros*

Batasan panjang atau diameter dari *pre-swirl stator* sekitar 15 persen dari diameter propeller. Maka pada model foil yang digunakan ini mempunyai diameter 15 persen dari diameter propeller yaitu 3.750 m.

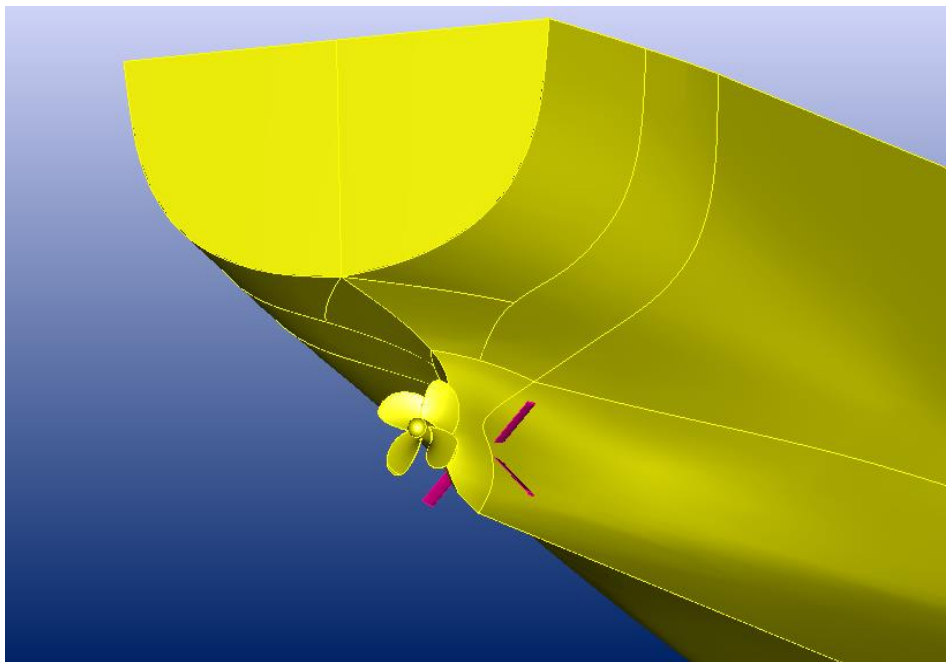
4.4.2 Posisi *Pre-swirl stator*

Pada tahap ini model *pre-swirl stator* yang sudah selesai dibuat akan ditentukan peletakannya yang tepat pada kapal berdasarkan pada analisa yang dilakukan pada saat *bare hull*. *Pre-swirl stator* diletakkan sejauh 5.8 m dari FP pada lambung kapal. Variasi sudut yang digunakan sebanyak 3 macam, diantaranya 43° , 45° , dan 48° .



Gambar 4.5 Sudut Kemiringan *Pre-swirl stator*

Setelah pemodelan foil telah dilakukan dan sudah mengetahui sudut yang akan di implementasikan pada lambung kapal, selanjutnya pemodelan *pre-swirl* pada lambung kapal. Penggabungan model anatara kapal dengan foil *pre-swirl stator* dilakukan langsung pada *software Hexpress* yang nantikan akan digunakan juga untuk proses *meshing*.



Gambar 4.6 Posisi *Pre-swirl stator* pada lambung

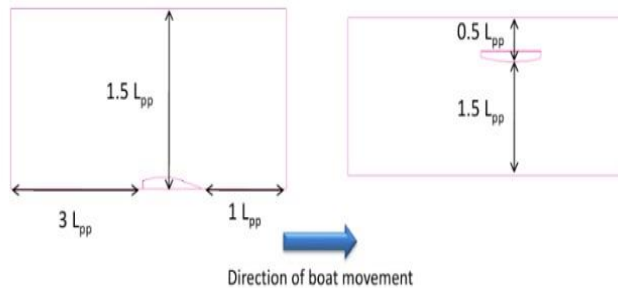
4.5 Simulasi/Running Model

4.5.1 Proses Geometri CAD

Proses simulasi pada software CFD dimulai dari pembuatan model lambung kapal yang didesain dari *Maxsurf Modeller*, kemudian di *export* ke program CAD 3D untuk merubah model kapal kedalam bentuk *solid*. Model kapal yang terdiri dari *surface-surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah model kapal sudah menjadi bentuk *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid* (.x_t) yang digunakan untuk simulasi.

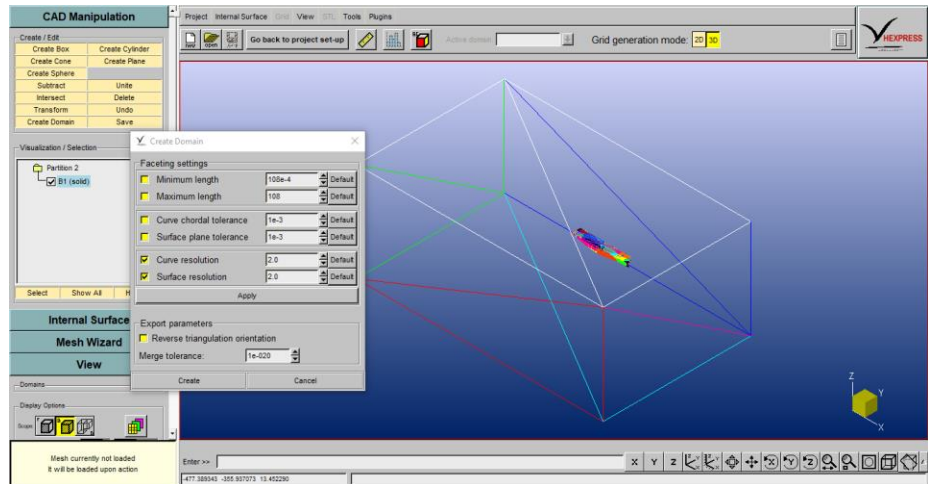
4.5.2 Meshing

Setelah proses permodelan geometri kapal selesai maka dapat dilanjutkan dengan proses *meshing*. Pada tahapan *meshing* ini, model diubah dari bentuk geometri menjadi elemen-elemen dan node-node yang lebih kecil dan spesifik. Pada proses pengujian model, setiap elemen-elemen tersebut akan dilakukan perhitungan oleh software CFD.



Gambar 4.7 Standart Ukuran Boundary Domain

Dalam NUMECA Hexpress, untuk memulai pengaturan yang pertama yaitu menentukan ukuran domain. Ukuran domain memiliki standar *boundary* berdasarkan standar yang sudah ditentukan agar hasil analisa bisa sesuai dengan keadaan lingkungan sebenarnya.

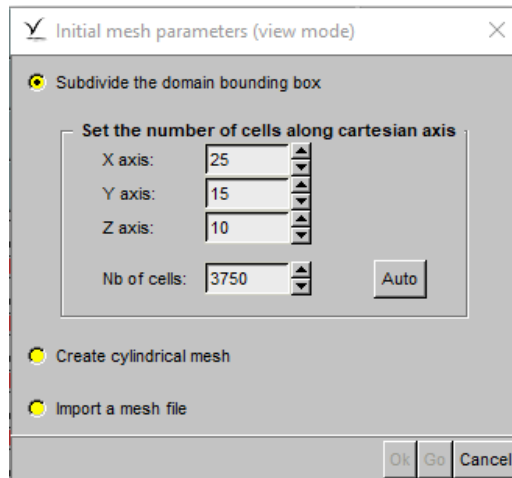


Gambar 4.8 Konfigurasi Domain

Pembuatan domain dilakukan sesuai dengan rekomendasi standar ukuran domain dari NUMECA, bentuk geometri kapal yang digunakan yaitu *full-body*, hal ini juga akan mempengaruhi lama waktu pada saat *running* berdasarkan pada jumlah cell dari hasil meshing. Jumlah cell yang semakin kecil akan mempersingkat waktu pada saat *running*.

Pada proses simulasi ini domain yang digunakan yaitu *multi-domain* yaitu menggunakan dua domain yang nantinya kedua domain tersebut akan digabungkan dan dilakukan simulasi. Setelah membuat domain, langkah selanjutnya yaitu proses *meshing*. Pada proses ini adapun domain yang dimeshing domain kapal dan domain *propeller*. *Meshing* yang pertama yaitu *meshing* domain kapal danyang selanjutnya *meshing* domain *propeller*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam NUMECA Hexpress sebagai berikut :

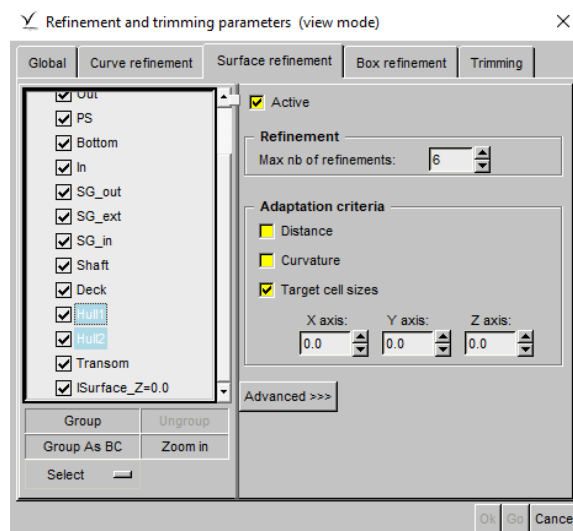
1. *Initial Mesh*



Gambar 4.9 Konfigurasi *Initial Mesh*

Dalam *Initial Mesh*, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. Domain dibagi menjadi cell dalam bentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan.

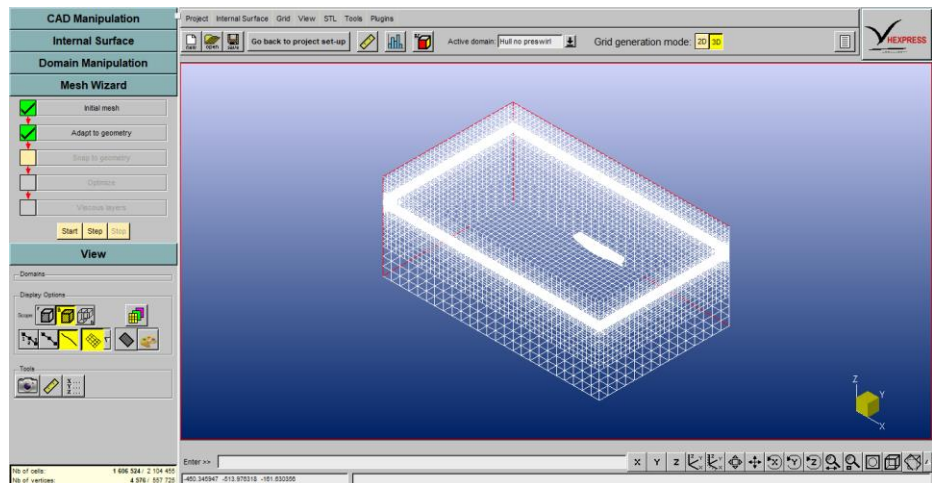
2. *Adapt to Geometry*



Gambar 4.10 Konfigurasi *Adapt to Geometry*

Dalam proses *Adapt to Geometry*, perlu dilakukan langkah *Refinement* terhadap cell-cell yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Fungsi dari menu ini selain untuk penghalusan, dilakukan juga

proses trimming yaitu menghapus cell-cell kecil yang saling menyilang antar bagian atau cell- cell yang berada diluar geometri.



Gambar 4.11 Tampilan Mesh setelah langkah *Adapt to Geometry*

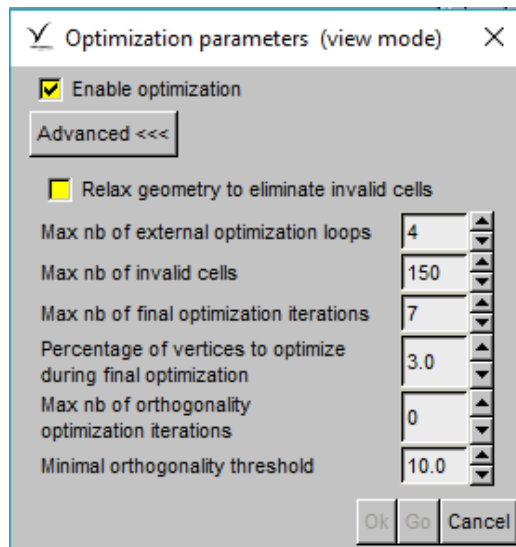
3. *Snap to Geometry*



Gambar 4.12 Konfigurasi *Snap to Geometry*

Tujuan dari langkah *Snap to Geometry* adalah untuk memproyeksikan mesh yang didapat dari hasil pada proses sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri baru yang lebih halus.

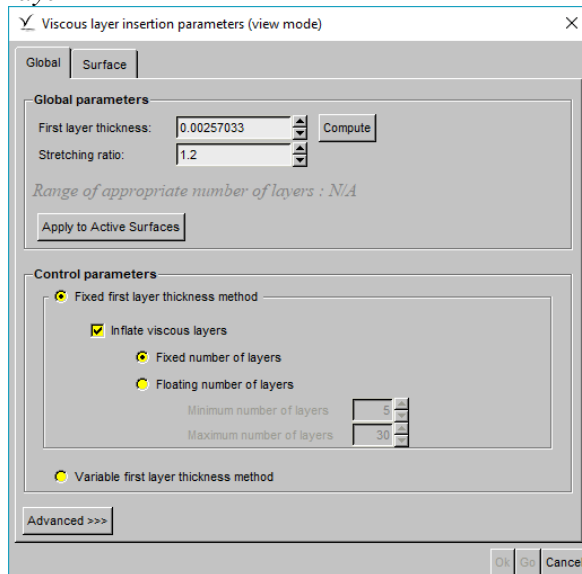
4. *Optimize*



Gambar 4.13 Konfigurasi *Optimize*

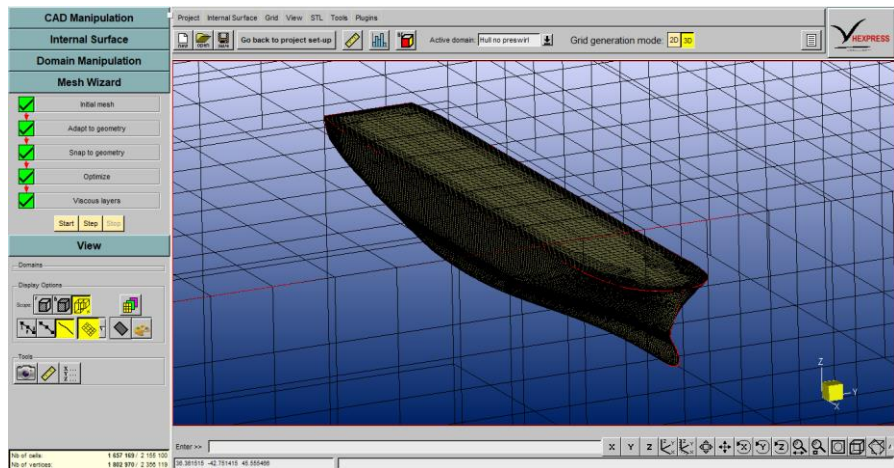
Dalam menu pilihan *Optimize*, memiliki fungsi untuk mengoptimalkan terhadap hasil mesh yang memiliki kondisi atau kualitas buruk seperti *negative cells*, *concave cells*, *twisted cells*. sedangkan untuk mengetahui kualitas kondisi dari cell dapat dilihat dengan memilih menu *mesh quality*.

5. *Viscous Layer*



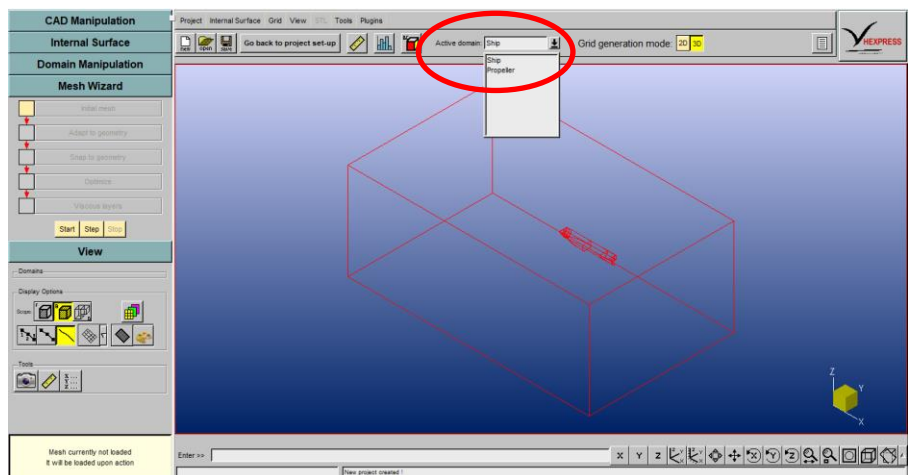
Gambar 4.14 Konfigurasi *Viscous Layer*

Dalam *Viscous Layers*, dilakukan beberapa langkah pendekatan yang lebih spesifik dalam penyisipan lapisan *viscous* fluida berdasarkan kecepatan sehingga dapat menghasilkan bilangan *Reynolds Number* dan bilangan *Froud Number* yang dipengaruhi oleh kecepatan dan ukuran dari kapal tersebut.

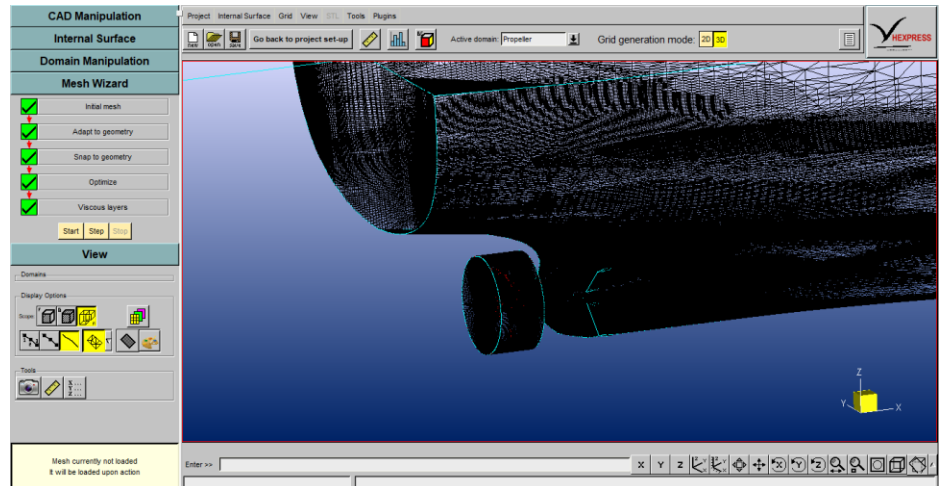


Gambar 4.15 Hasil *Mesh* Setelah *Viscous Layer*

Setelah domain kapal selesai , selanjutnya *meshing* domain *propeller*. Pada NUMECA Hexpress *import* domain propeller terlebih dahulu pada menu project – import – domain, pada active domain akan muncul domain propeller dan pilih domain propeller untuk dilakukan meshing. Lakukan langkah yang sama pada proses meshing seperti pada domain kapal.



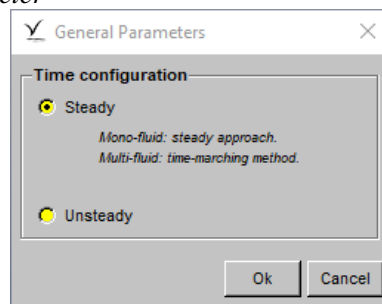
Gambar 4.16 Meshing Domain *Propeller*

Gambar 4.17 Hasil Mesh *Boat* dan *Propeller*

4.5.3 Pengaturan Simulasi CFD

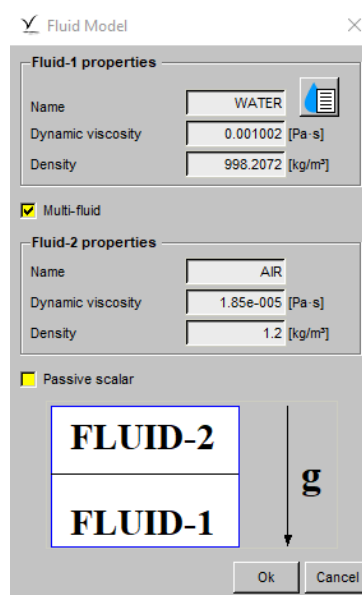
Proses selanjutnya setelah dilakukan proses meshing dan deifinisi geometri adalah melakukan konfigurasi terhadap simulasi aliran yang akan dilakukan pengujian. berikut merupakan parameter-parameter yang perlu didefinisikan :

1. *General Parameter*

Gambar 4.18 Konfigurasi *General Parameter*

Dalam parameter umum, khusus untuk konfigurasi waktu pada hasil dari simulasi saat time step yang telah ditentukan. Terdapat 2 jenis pilihan yaitu *Steady* dan *Unsteady*. *Steady* digunakan ketika ingin mendapatkan hasil running pada saat time step yang terakhir. Sedangkan *Unsteady* digunakan jika ingin mendapatkan hasil simulasi pada saat time step tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi menu *Steady*.

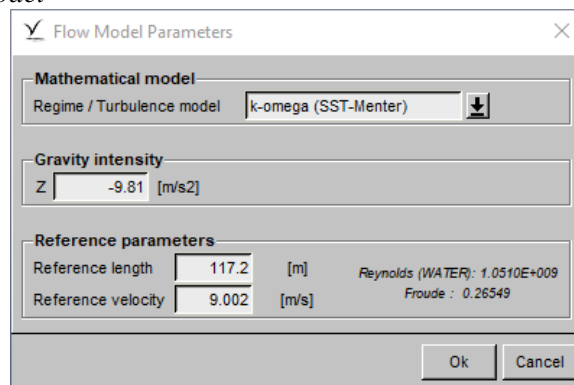
2. *Fluid Model*



Gambar 4.19 Konfigurasi *Fluid Model*

Dalam proses konfigurasi *Fluid Model*, merupakan fungsi daripada definisi fluida yang digunakan. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan konfigurasi *Multi Fluid* yaitu fluida air dan udara. Bagian fluida air dan udara dipisahkan oleh sebuah *layer internal surface* yang telah dibuat pada proses sebelumnya (penggambaran geometri).

3. *Flow Model*

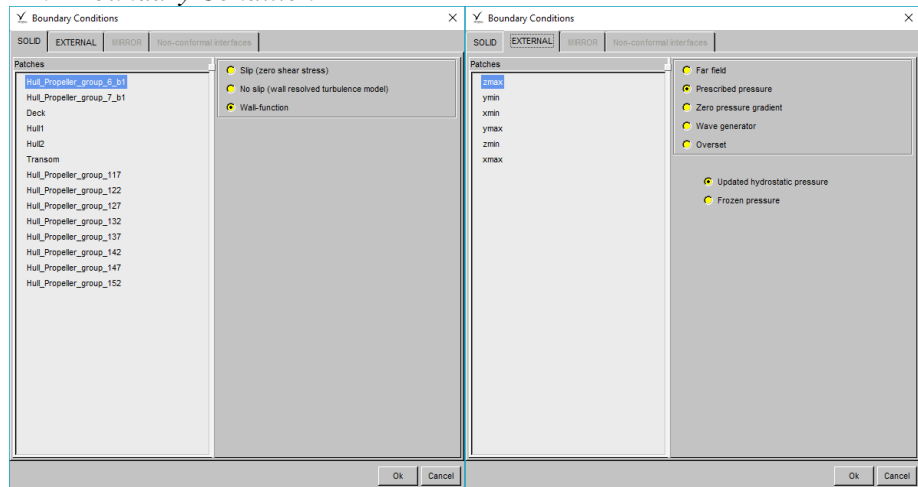


Gambar 4.20 Konfigurasi *Flow Model*

Dalam *setting Flow Model* digunakan untuk menentukan karakteristik atau sifat dari aliran yang akan digunakan. Terdapat 2 pilihan yaitu aliran laminar dan aliran turbulen serta intensitas dari gaya gravitasi. Pada bagian *Reference parameters* untuk mendefinisikan perhitungan dari

Froude Number dan Reynold Number yang tertuju pada menu pengaturan *Fluid Model*. Pada *reference length input* panjang dari kapal dan *reference velocity input* kecepatan kapal.

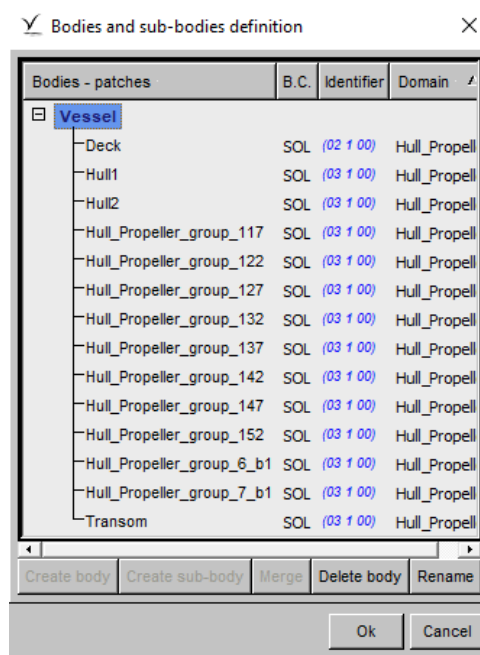
4. *Boundary Condition*



Gambar 4.21 Konfigurasi *Boundary Condition*

Boundary Condition merupakan pendefinisian dari kondisi batasan-batasan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mendefinisikan body kapal sebagai *solid wall-function*, pada kondisi external dibuat kondisi perairan tenang.

5. *Body Definition*

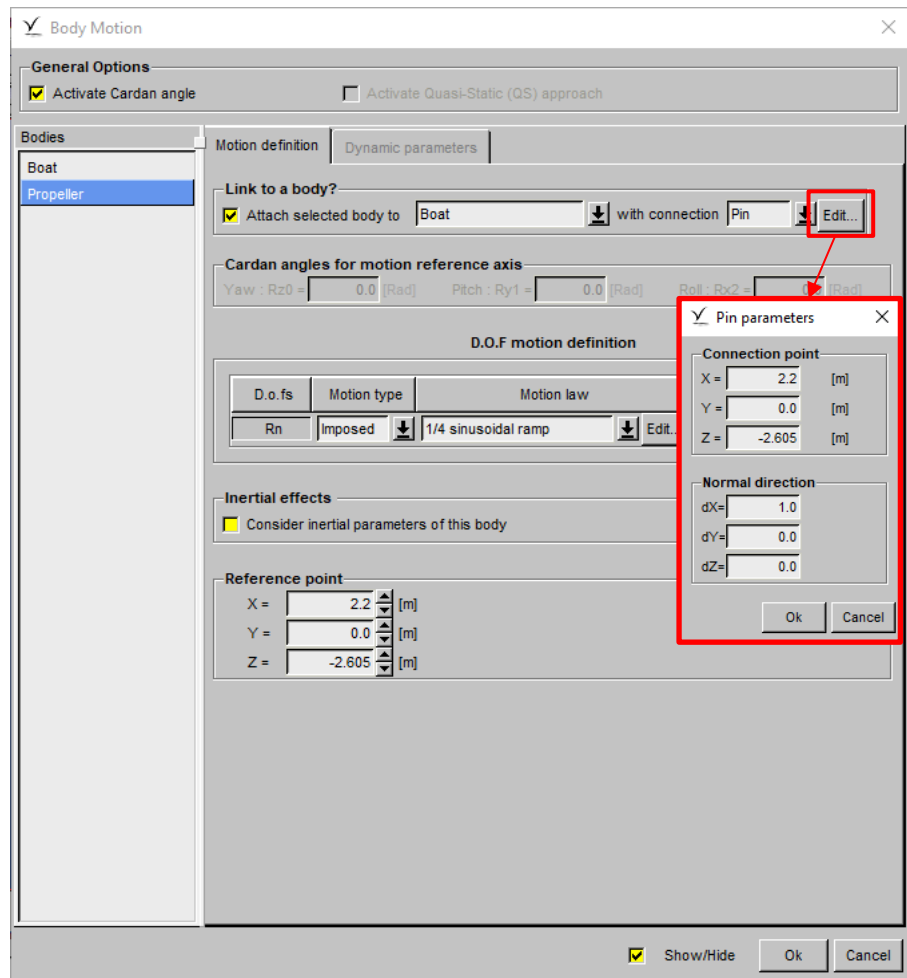


Gambar 4.22 Konfigurasi *Body Definition*

Body Definition dilakukan untuk menentukan bagian-bagian yang akan dijadikan sebuah badan yang akan diuji. Pada konfigurasi ini badan kapal terdiri dari *deck*, *hull* dan *transom*.

6. *Body Motion*

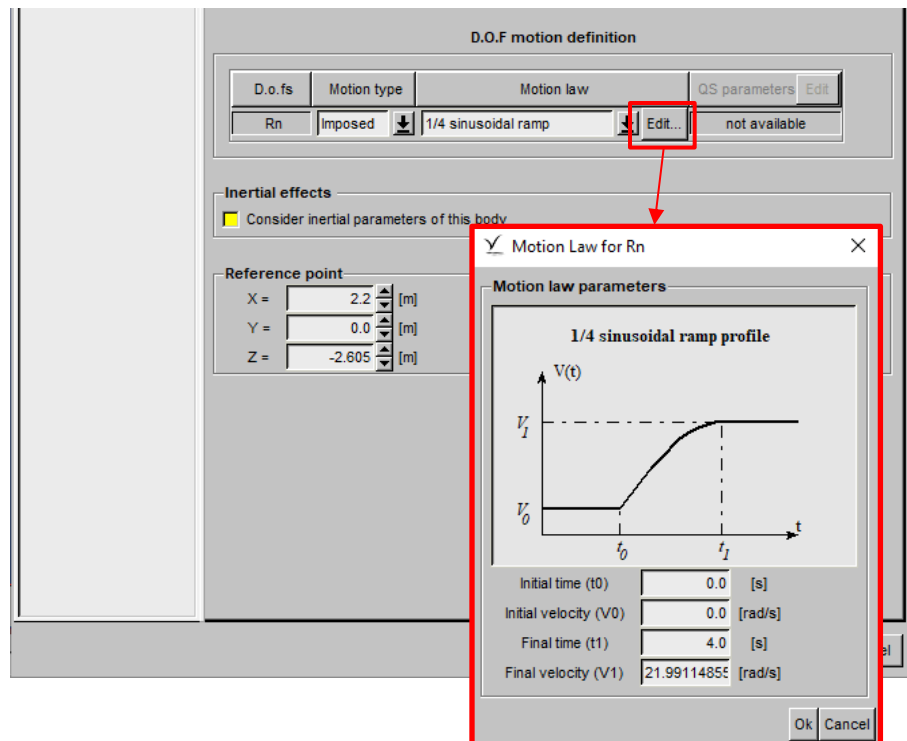
Body Motion merupakan bagian yang dapat menentukan gerak dari olah gerak badan kapal yang akan dilakukan pengujian. Badan kapal dapat bergerak dengan 6 derajat kebebasan dan konfigurasi untuk menentukan nilai daripada percepatan dan kecepatan dari badan kapal. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan menu *Fixed imposed* terhadap sumbu x dengan memberi beberapa variasi kecepatan tetap.



Gambar 4.23 Konfigurasi *Body Motion* Pada *Propeller*

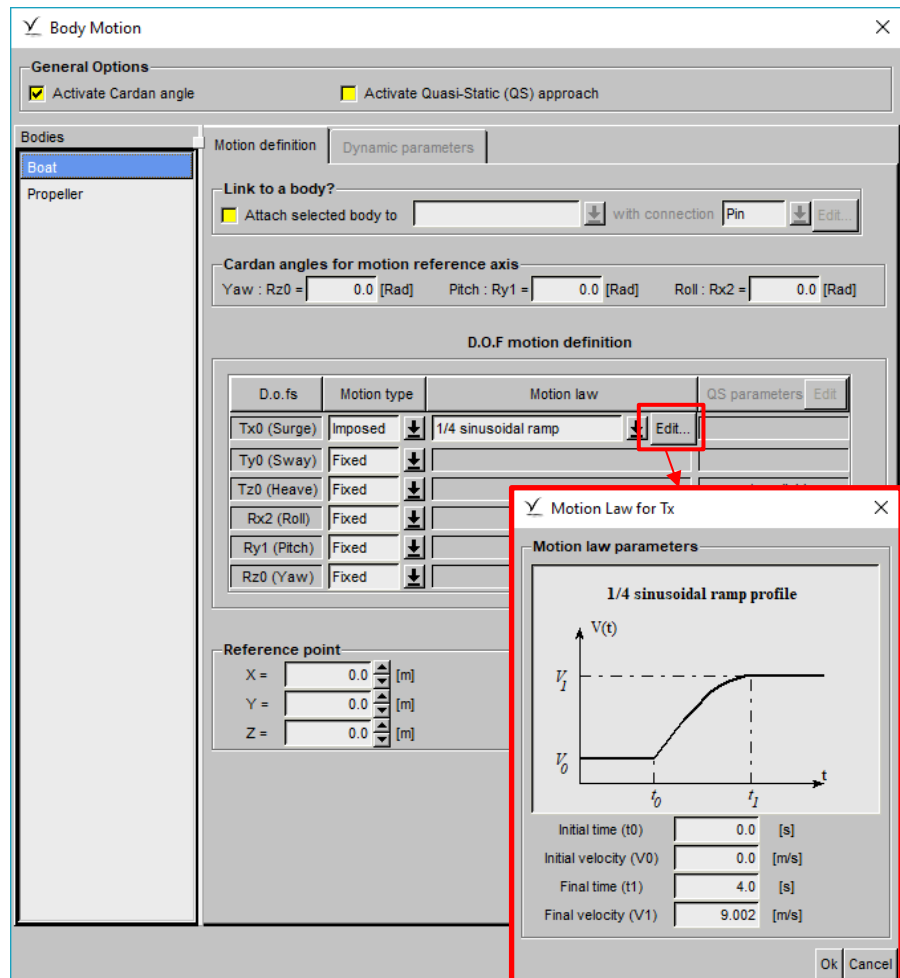
Pada *body motion* tetap aktifkan “*Activate Cardan Angles*” pada *General Options*. Pilih *propeller* pada *parameter bodies* dan aktifkan “*attach selected body to*” dan pilih “*Boat*” dengan *pin connection* seperti pada Gambar 3.18. pin parameter digunakan untuk sumbu atau titik poros dari perputaran propeller, maka pada connection point isi titik koordinat X Y Z pada titik pusat poros *propeller*. Kemudian ubah pada *motion type* menjadi “**Imposed**” dan *motion law* menjadi “**1/4 sinusoidal ram**” seperti pada

gambar 3.19. Klik edit pada motion law dan atur agar final time (t_1) dan final velocity (V_1) sesuai dengan putaran yang diinginkan.

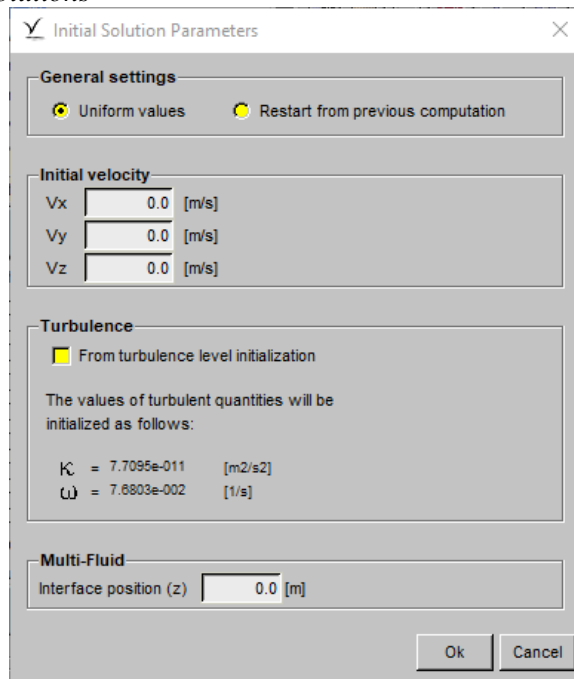


Gambar 4.24 Konfigurasi *Motion Law*

Propeller selesai lanjut ke *Boat*. Pilih *Boat* pada *parameter bodies* dan ubah *motion type* menjadi ”**Imposed**” dan *motion law* menjadi ”**1/4 sinusoidal ram**”. Klik edit pada motion law dan atur agar final time (t_1) dan final velocity (V_1) sesuai dengan kecepatan kapal seperti pada gambar 3.20.

Gambar 4.25 Konfigurasi *Body Motion* pada *Boat*

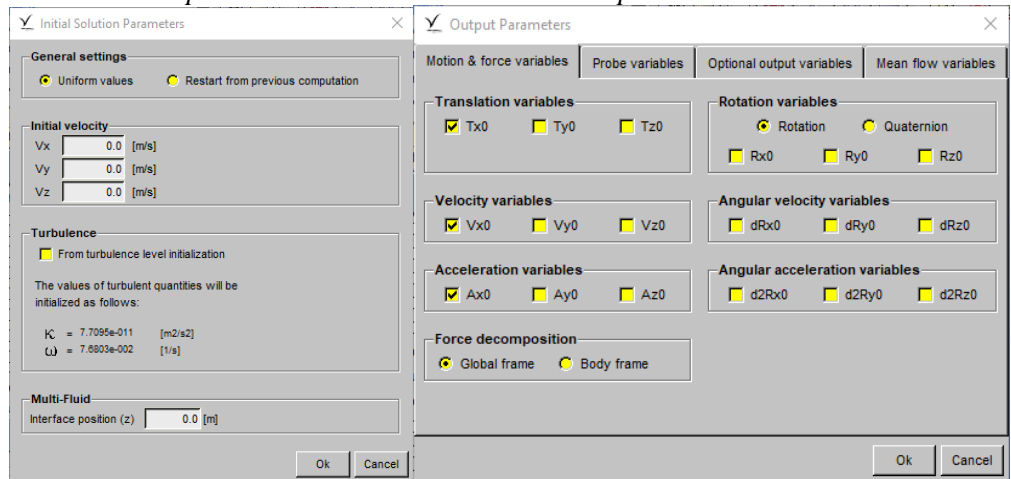
7. Initial Solutions



Gambar 4.26 Konfigurasi *Initial Solutions*

Initial solutions merupakan sebuah pengaturan yang digunakan untuk menentukan kecepatan awal dari sebuah domain yang akan dilakukan simulasi dan penentuan sarat air kembali.

8. Computational Control Variable and Output

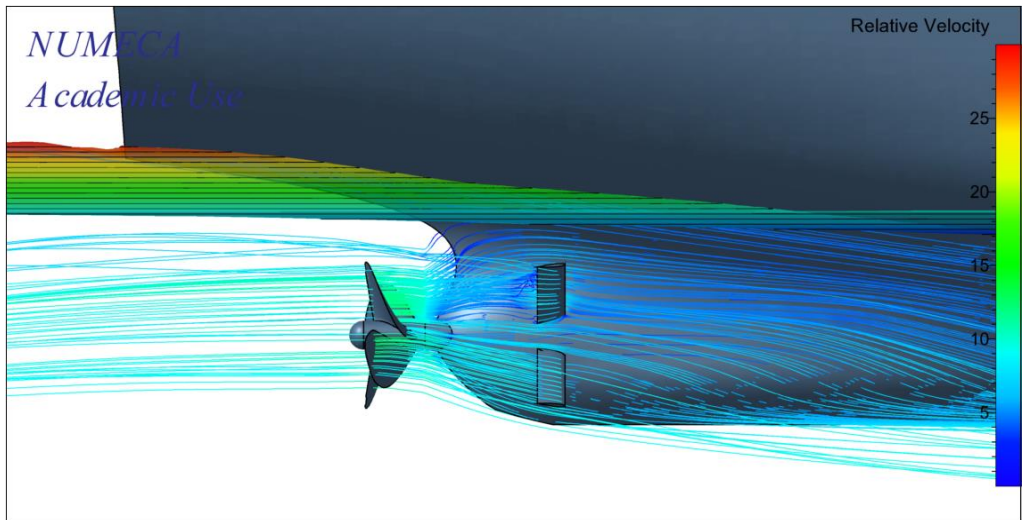


Gambar 4.27 Konfigurasi *Control Variable and Output*

Control Variabel merupakan sebuah pengaturan yang digunakan untuk menentukan perhitungan jumlah step dan iterasi yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. *Output* untuk menentukan variabel hasil dari proses simulasi. Setelah parameter tersebut sudah ditentukan maka langkah simulasi dapat dijalankan dengan mengaktifkan tombol *solver running*.

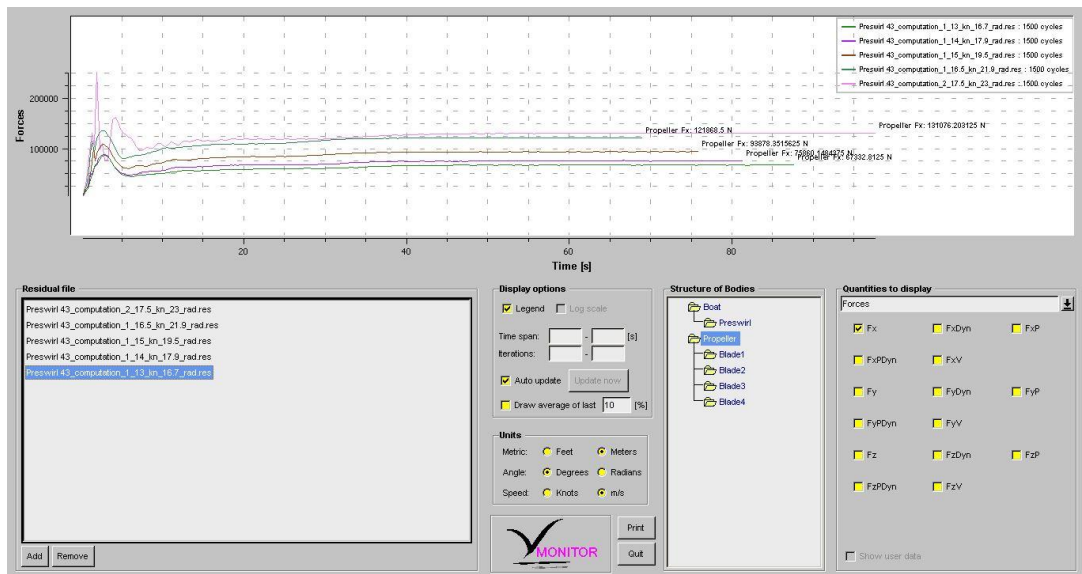
4.6 Analisa Hasil Simulasi

4.6.1 Hasil Simulasi Model 1



Gambar 4.28 Kontur Aliran Model 1 pada Kecepatan 17.5 knot

Pada gambar 4.14 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal pada model 1. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang dilalui pada model ini cukup seragam. Dengan kata lain model ini memiliki aliran yang terlihat homogen dari aliran yang dihasilkan dari pada *bare hull*. Namun, pada foil *pre-swirl stator* bagian atas terjadi turbulensi aliran. Hal ini diakibatkan oleh aliran yang diantarkan pada lambung kapal. Sedangkan pada foil *pre-swirl stator* bagian bawah aliran yang diantarkan menuju foil tidak semua dari lambung kapal. Maka dari itu terlihat bahwa aliran yang lebih homogen terdapat pada foil bagian bawah. Pada gambar 4.14 juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang tinggi pada bagian buritan kapal. Ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan kecepatan aliran fluida. Pada akhirnya tidak semua hasil simulasi penelitian dapat menghasilkan hasil yang sempurna.



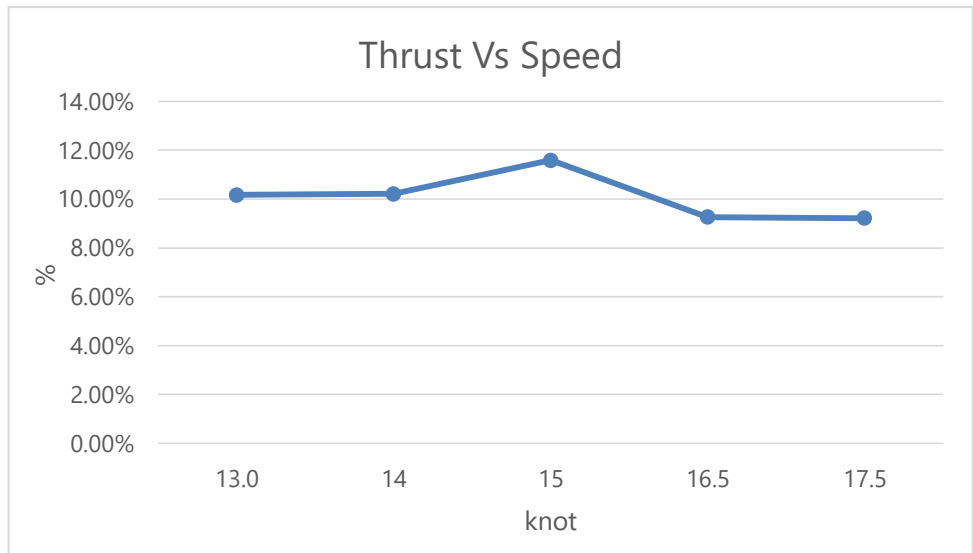
Gambar 4.29 Grafik Hasil Analisa Pada *Thrust* Kapal pada *Software NUMECA Fine Marine* (Model 1)

Diatas adalah hasil analisa simulasi pada *software NUMECA Fine Marine* terhadap nilai *thrust*, detail dari nilai yang di dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Data *Thrust* Kapal pada Model 1

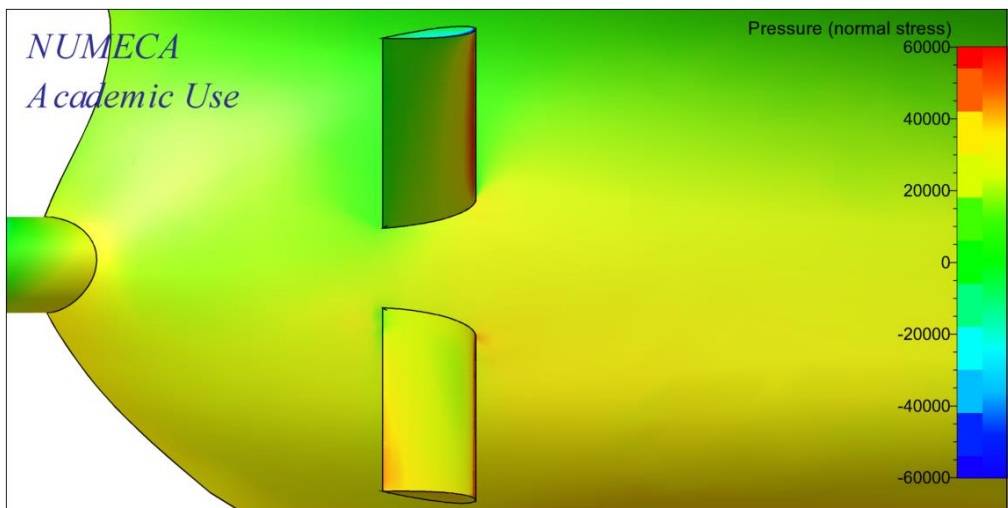
No.	Vs (knot)	Vs (m/s)	n (rpm)	Thrust (N)	%
1	13.0	6.68778	159.4	67332.81	10.17%
2	14	7.20222	171.7	76060.14	10.21%
3	15	7.71667	187.6	93878.35	11.59%
4	16.5	8.48833	210.5	121868.5	9.27%
5	17.5	9.00277	232.5	131076.2	9.22%

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 13 knot dengan putaran 159.4 rpm menghasilkan 67332.81 N thrust, kecepatan 14 knot dengan putaran 171.7 rpm menghasilkan 76060.14 N thrust, kecepatan 15 knot dengan putaran 187.6 rpm menghasilkan 93878.35 N thrust, kecepatan 16.5 knot dengan putaran 210.5 rpm menghasilkan 121868.5 N thrust, kecepatan 17.5 knot dengan putaran 232.5 rpm menghasilkan 131076.2 N thrust.



Grafik 4.1 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 1

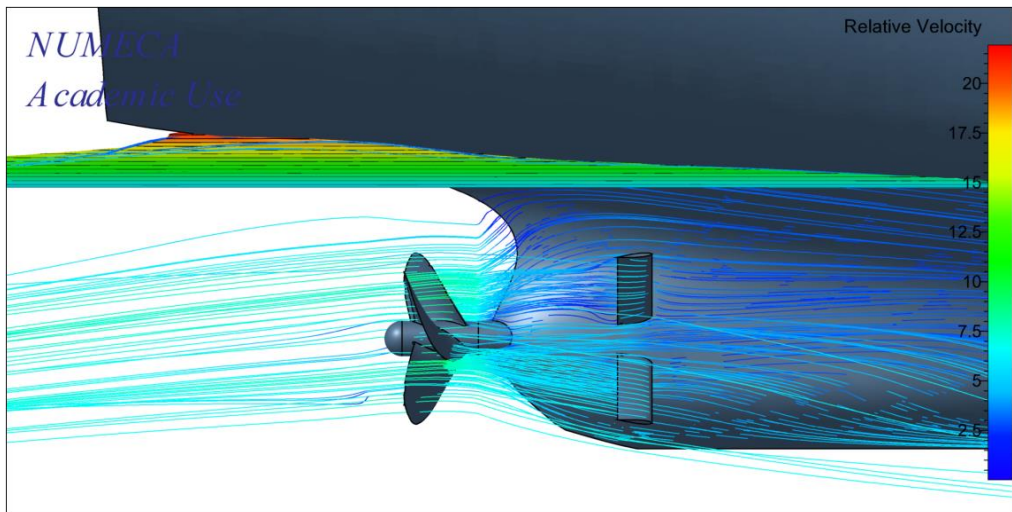
Dari grafik diatas dapat diketahui nilai persentase *thrust* yang dihasilkan kapal pada model 1 pada kecepatan 13 knot hingga kecepatan MCR 17.5 knot. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa *thrust* yang dihasilkan pada kapal model 1 ini mengalami peningkatan dari kapal *bare hull*. Namun dari persentase selisih antara *bare hull* dengan model 1 ini, terlihat persentase kenaikan *thrust* dari 13 knot hingga 15 knot mengalami kenaikan, namun dari 15 knot hingga kecepatan 17.5 knot persentasenya mengalami penurunan. Yang dapat diartikan *pre-swirl stator* yang digunakan pada model 1 ini hanya cocok digunakan pada kapal dengan kecepatan maksimumnya 15 knot saja.



Gambar 4.30 Pressure Pada Pre-swirl stator kecepatan 17.5 knot (Model 1)

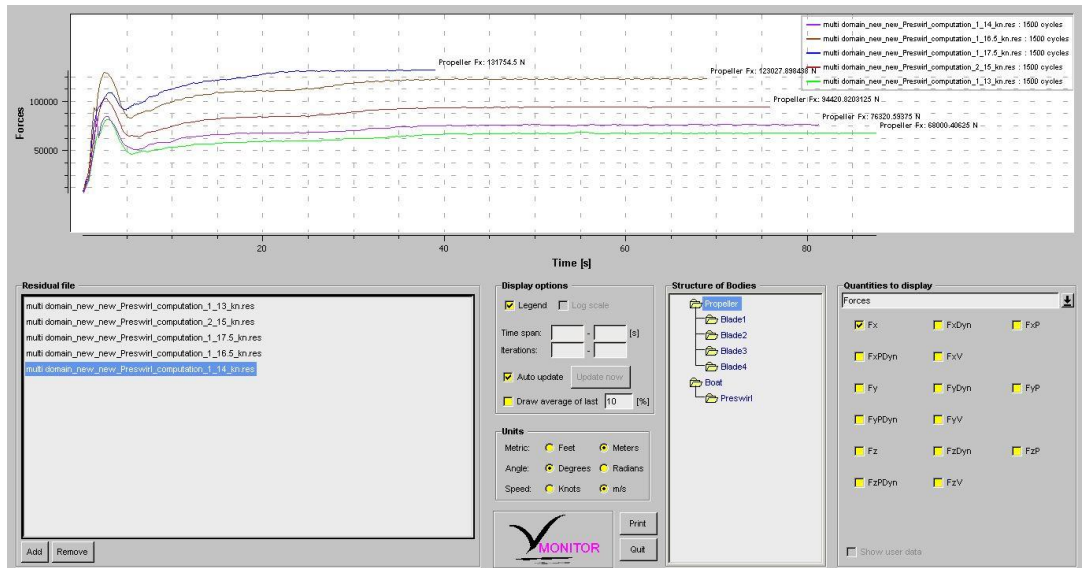
Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa tekanan statis terbesar yang bekerja pada objek penelitian yaitu *pre-swirl stator* terletak pada bagian ujung foil yang menerima fluida. Tekanan ini digambarkan dengan warna merah. Untuk foil *pre-swirl stator* bagian atas memiliki nilai tekanan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan foil bagian bawah dikarenakan aliran fluida yang bekerja pada foil bagian atas merupakan fluida yang berasal dari aliran lambung kapal.

4.6.2 Hasil Simulasi Model 2



Gambar 4.31 Kontur Aliran Model 2 pada Kecepatan 17.5 knot

Pada gambar 4.15 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal pada model 2. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang dilalui pada model ini cukup seragam. Dengan kata lain model ini memiliki aliran yang terlihat homogen dari aliran yang dihasilkan dari pada *bare hull*. Namun, pada foil *pre-swirl stator* bagian atas terjadi turbulensi aliran. Hal ini diakibatkan oleh aliran yang diantarkan pada lambung kapal. Namun turbulensi yang dihasilkan tidak sebanyak yang dihasilkan pada model 2. Sedangkan pada foil *pre-swirl stator* bagian bawah aliran yang diantarkan menuju foil tidak semua dari lambung kapal. Maka dari itu terlihat bahwa aliran yang lebih homogen terdapat pada foil bagian bawah. Pada gambar 4.15 juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang tinggi pada bagian buritan kapal. Ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan kecepatan aliran fluida. Pada akhirnya tidak semua hasil simulasi penelitian dapat menghasilkan hasil yang sempurna.



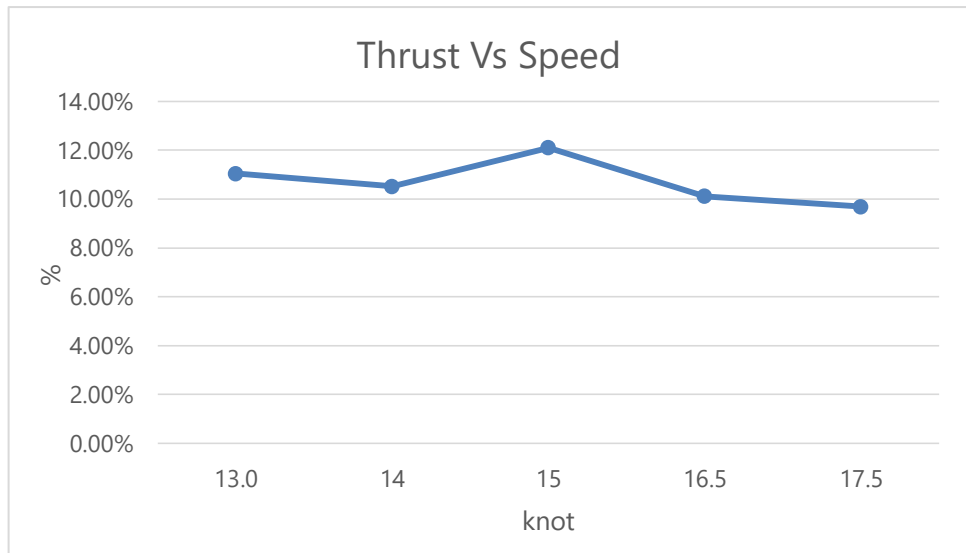
Gambar 4.32 Grafik Hasil Analisa Pada Thrust Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Model 2)

Diatas adalah hasil analisa simulasi pada *software NUMECA Fine Marine* terhadap nilai *thrust*, detail dari nilai yang di dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Data Thrust Kapal pada Model 2

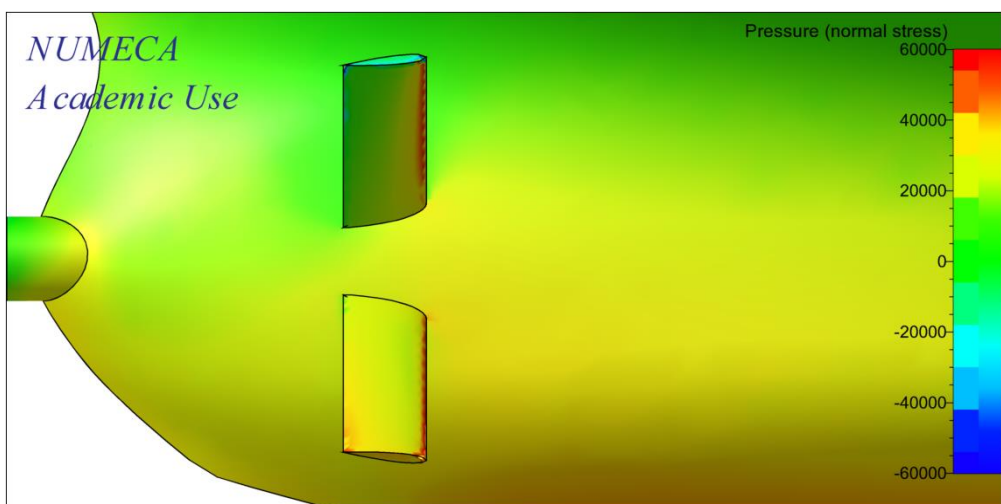
No.	Vs (knot)	Vs (m/s)	n (rpm)	Thrust (N)	%
1	13.0	6.68778	159.4	68000	11.05%
2	14	7.20222	171.7	76320.59	10.52%
3	15	7.71667	187.6	94420.8	12.10%
4	16.5	8.48833	210.5	123027.9	10.12%
5	17.5	9.00277	232.5	131754.5	9.69%

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 13 knot dengan putaran 159.4 rpm menghasilkan 68000 N thrust, kecepatan 14 knot dengan putaran 171.7 rpm menghasilkan 76320.59 N thrust, kecepatan 15 knot dengan putaran 187.6 rpm menghasilkan 94420.8 N thrust, kecepatan 16.5 knot dengan putaran 210.5 rpm menghasilkan 123027.9 N thrust, kecepatan 17.5 knot dengan putaran 232.5 rpm menghasilkan 131754.5 N thrust.



Grafik 4.2 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 2

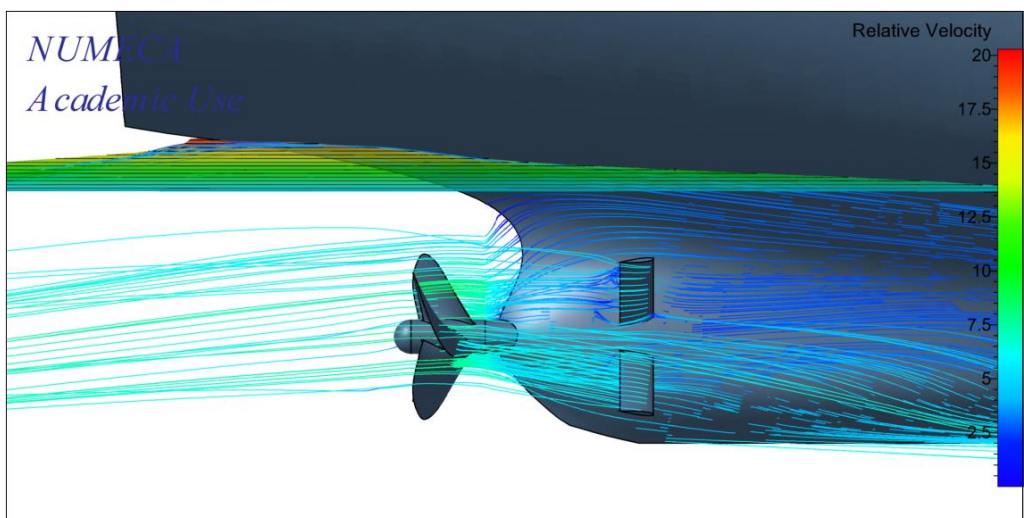
Dari grafik diatas dapat diketahui nilai persentase *thrust* yang dihasilkan kapal pada model 1 pada kecepatan 13 knot hingga kecepatan MCR 17.5 knot. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa *thrust* yang dihasilkan pada kapal model 2 ini mengalami peningkatan dari kapal *bare hull*. Namun dari persentase selisih antara *bare hull* dengan model 2 ini, terlihat persentase *thrust* dari 13 knot hingga 14 knot mengalami penurunan, namun dari 14 knot hingga kecepatan 15 knot persentasenya mengalami kenaikan. Setelah mengalami kenaikan, *thrust* yang dihasilkan mengalami penurunan kembali dikecepatan 15 knot menuju 17.5 knot. Yang dapat diartikan *pre-swirl stator* yang digunakan pada model 2 ini hanya cocok digunakan pada kapal dengan kecepatan maksimumnya 15 knot saja.



Gambar 4.33 Pressure Pada Pre-swirl stator kecepatan 17.5 knot (Model 2)

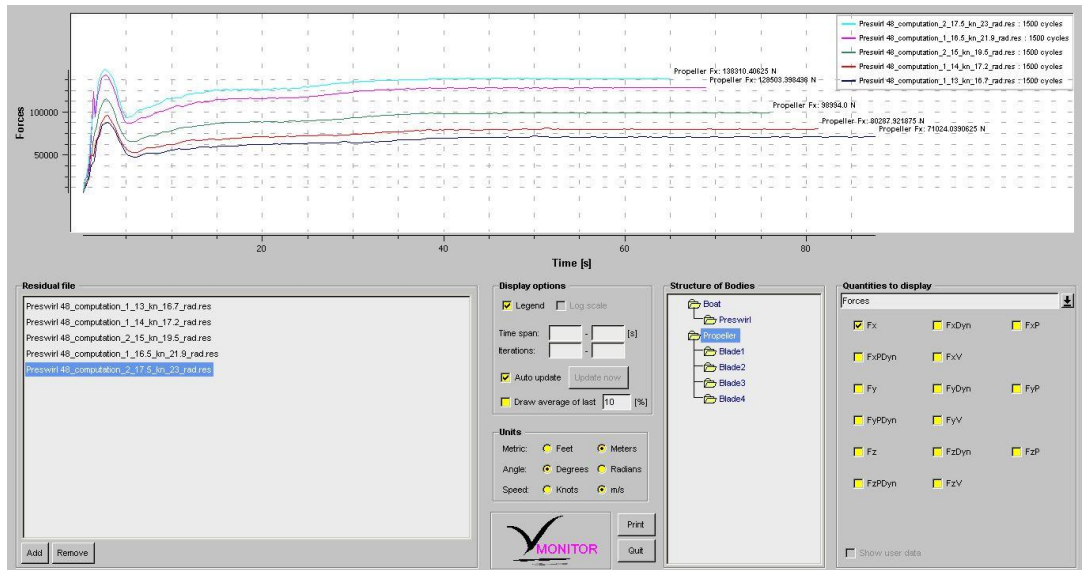
Pada dasarnya perbedaan *pressure* model 2 dengan model 1 hampir memiliki nilai yang sama. Hanya perbedaan *pressure* pada model 2 cenderung lebih kecil daripada model pertama. Hal ini dapat dibuktikan dengan gambar dan warna merah yang tampak pada masing-masing model. Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa tekanan statis terbesar yang bekerja pada objek penelitian yaitu *pre-swirl stator* terletak pada bagian ujung foil yang menerima fluida. Tekanan ini digambarkan dengan warna merah. Untuk foil *pre-swirl stator* bagian atas memiliki nilai tekanan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan foil bagian bawah dikarenakan aliran fluida yang bekerja pada foil bagian atas merupakan fluida yang berasal dari aliran lambung kapal.

4.6.3 Hasil Simulasi Model 3



Gambar 4.34 Kontur Aliran Model 3 pada Kecepatan 17.5 knot

Pada gambar 4.16 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal pada model 3. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang dilalui pada model ini cukup seragam. Dengan kata lain model ini memiliki aliran yang terlihat homogen dari aliran yang dihasilkan dari pada *bare hull*. Namun, pada foil *pre-swirl stator* bagian atas terjadi turbulensi aliran. Hal ini diakibatkan oleh aliran yang diantarkan pada lambung kapal. Namun turbulensi yang dihasilkan tidak sebanyak yang dihasilkan pada model 3. Sedangkan pada foil *pre-swirl stator* bagian bawah aliran yang diantarkan menuju foil tidak semua dari lambung kapal. Maka dari itu terlihat bahwa aliran yang lebih homogen terdapat pada foil bagian bawah. Pada gambar 4.16 juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang tinggi pada bagian buritan kapal. Ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan kecepatan aliran fluida. Pada akhirnya tidak semua hasil simulasi penelitian dapat menghasilkan hasil yang sempurna.



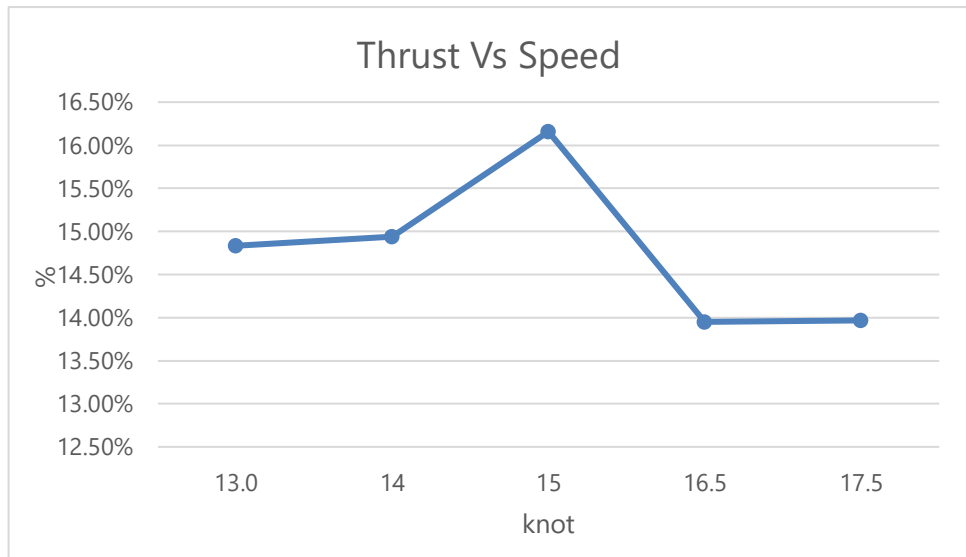
Gambar 4.35 Grafik Hasil Analisa Pada Thrust Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Model 3)

Diatas adalah hasil analisa simulasi pada *software NUMECA Fine Marine* terhadap nilai *thrust*, detail dari nilai yang di dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Data Thrust Kapal pada Model 3

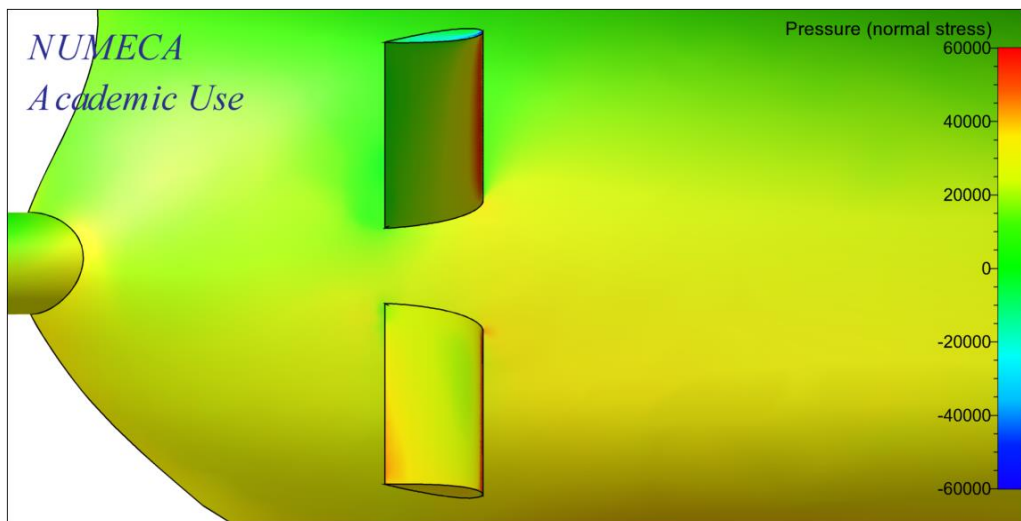
No.	Vs (knot)	Vs (m/s)	n (rpm)	Thrust (N)	%
1	13.0	6.68778	159.4	71024.04	14.84%
2	14	7.20222	171.7	80287.92	14.94%
3	15	7.71667	187.6	98994	16.16%
4	16.5	8.48833	210.5	128503.4	13.95%
5	17.5	9.00277	232.5	138310.4	13.97%

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 13 knot dengan putaran 159.4 rpm menghasilkan 71024.04 N thrust, kecepatan 14 knot dengan putaran 171.7 rpm menghasilkan 80287.92 N thrust, kecepatan 15 knot dengan putaran 187.6 rpm menghasilkan 98994 N thrust, kecepatan 16.5 knot dengan putaran 210.5 rpm menghasilkan 128503.4 N thrust, kecepatan 17.5 knot dengan putaran 232.5 rpm menghasilkan 138310.4 N thrust.



Grafik 4.3 Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan model 3

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai persentase *thrust* yang dihasilkan kapal pada model 3 pada kecepatan 13 knot hingga kecepatan MCR 17.5 knot. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa *thrust* yang dihasilkan pada kapal model 3 ini mengalami peningkatan dari kapal *bare hull*. Namun dari persentase selisih antara *bare hull* dengan model 3 ini, terlihat persentase kenaikan *thrust* dari 13 knot hingga 15 knot mengalami kenaikan, namun dari 15 knot hingga kecepatan 17.5 knot persentasenya mengalami penurunan. Yang dapat diartikan *pre-swirl stator* yang digunakan pada model 1 ini hanya cocok digunakan pada kapal dengan kecepatan maksimumnya 15 knot saja.



Gambar 4.36 Pressure Pada Pre-swirl stator kecepatan 17.5 knot (Model 3)

Untuk pemodelan ke-3, *pressure* distribution pada objek penelitian *pre-swirl stator* masih relatif sama dengan model sebelumnya, yaitu model 1 dan model 2. Distribusi tekanan pada model ini memiliki nilai terbesar pada foil bagian atas objek uji. Tekanan ini ditunjukkan dengan warna merah pada proses simulasi. Untuk foil *pre-swirl stator* bagian atas memiliki nilai tekanan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan foil bagian bawah dikarenakan aliran fluida yang bekerja pada foil bagian atas merupakan fluida yang berasal dari aliran lambung kapal. Namun, dalam pengamatan ke 3 model ini didapatkan hasil bahwa *pressure* distribution terbesar pada foil memiliki nilai terbesar model 1 > model 2 > model 3.

4.7 Perbandingan Data Hasil Simulasi

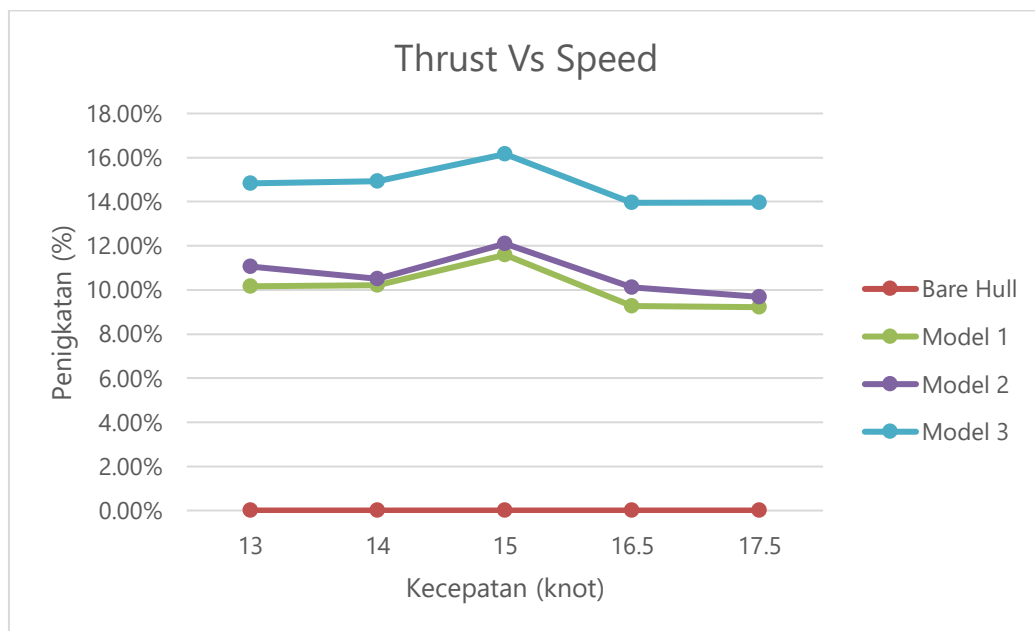
Dalam proses perbandingan data hasil simulasi, dapat dijelaskan bahwa model yang menghasilkan aliran paling optimal, thrust terbesar, *pressure* distribution terendah, dan kecepatan optimal kapal dapat diketahui dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data Persentase Peningkatan *Thrust* Tiap Model

Model	Kecepatan (knot)	Peningkatan Thrust (N)	Selisih (%)
Bare Hull	13	60487.05	0.00%
	14	68295.35	0.00%
	15	82998.57	0.00%
	16.5	110576.7	0.00%
	17.5	118992.8	0.00%
Model 1	13	67332.81	10.17%
	14	76060.14	10.21%
	15	93878.35	11.59%
	16.5	121868.5	9.27%
	17.5	131076.2	9.22%
Model 2	13	68000	11.05%
	14	76320.59	10.52%
	15	94420.8	12.10%
	16.5	123027.9	10.12%
	17.5	131754.5	9.69%
Model 3	13	71024.04	14.84%
	14	80287.92	14.94%
	15	98994	16.16%
	16.5	128503.4	13.95%
	17.5	138310.4	13.97%

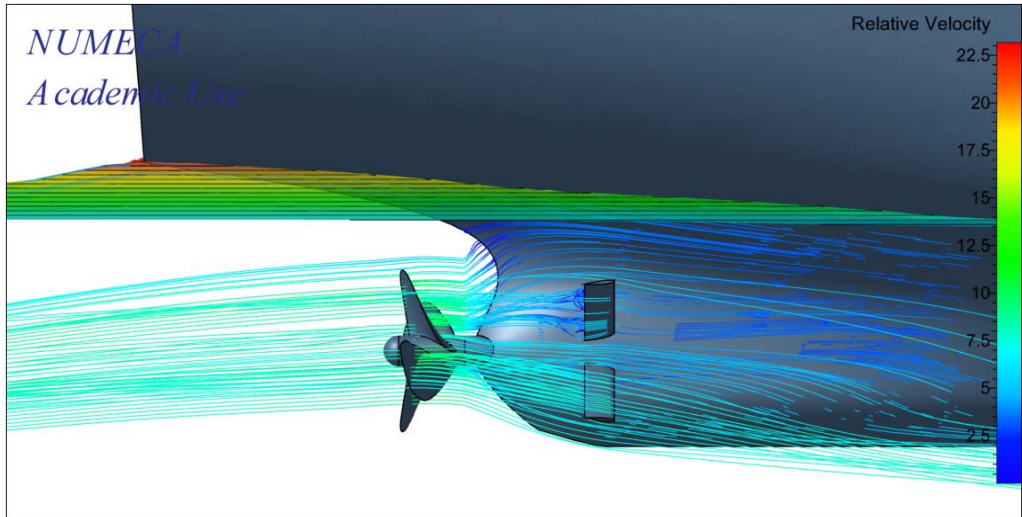
Tabel 4.8 memperlihatkan selisih peningkatan nilai thrust dalam persen. Dari ketiga model yang dilakukan pengujian terlihat model 3 yang lebih signifikan atau paling besar mengalami peningkatan.

Dari aliran yang dihasilkan juga tiap model berbeda-beda. Semakin besar sudut yang digunakan pada foil *pre-swirl stator*, maka turbulensi yang dihasilkan juga akan semakin berkurang.

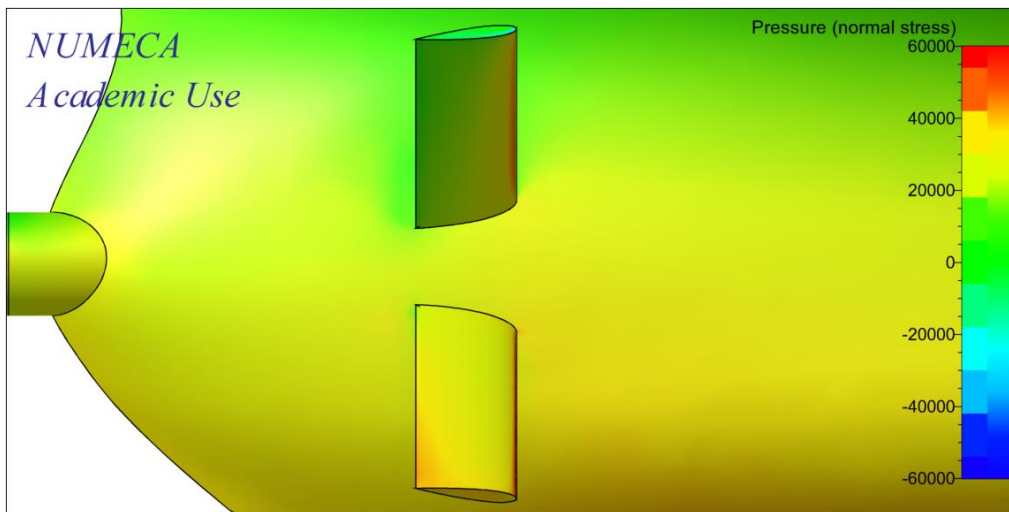


Grafik 4.4 Perbandingan Persentase Peningkatan Thrust Terhadap Kecepatan Pada Masing-masing Model

Dari grafik diatas menunjukkan perbandingan persentase peningkatan thrust yang dihasilkan pada masing masing model. Terlihat bahwa pada model 3 mengalami peningkatan persentase paling besar . Sehingga model 3 dapat dikatakan model yang paling optimal yang dapat dipilih pada penelitian kali ini. Kecepatan maksimal yang direkomendasikan pada model 3 ini adalah sebesar 15 knot.



Gambar 4.37 Kontur Aliran Model 3 pada kecepatan 15 knot



Gambar 4.38 *Pressure* Pada *Pre-swirl stator* kecepatan 15 knot (Model 3)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapal model 1 dengan sudut kemiringan 43° memiliki kontur aliran yang lebih homogen dari kapal saat *bare hull*. Menghasilkan nilai thrust pada masing masing kecepatan yaitu 131076.2 N pada 17.5 knot, 121868.5N pada 16.5 knot, 93878.35 N pada 15 knot, 76060.14 N pada 14 knot, 67332.81 N pada 13 knot. Pressure distribution yang di hasilkan pada foil bagian atas lebih besar dari pada foil bagian bawah.
2. Kapal model 2 dengan sudut kemiringan 45° memiliki kontur aliran yang lebih homogen dari kapal model 1. Menghasilkan nilai thrust pada masing masing kecepatan yaitu 131754.5 N pada 17.5 knot, 123027.9 N pada 16.5 knot, 94420.8 N pada 15 knot, 76320.59 N pada 14 knot, 68000 N pada 13 knot. Pressure distribution yang di hasilkan pada foil bagian atas lebih besar dari pada foil bagian bawah. Dan pressure yang dihasilkan tidak sebesar dari model 1.
3. Kapal model 3 dengan sudut kemiringan 48° memiliki kontur aliran yang lebih homogen dari kapal model 2. Menghasilkan nilai thrust pada masing masing kecepatan yaitu 138310.4 N pada 17.5 knot, 128503.4 N pada 16.5 knot, 98994 N pada 15 knot, 80287.92 N pada 14 knot, 71024.04 N pada 13 knot. Pressure distribution yang di hasilkan pada foil bagian atas lebih besar dari pada foil bagian bawah. Dan pressure yang dihasilkan tidak sebesar dari model 2.
4. Dapat di simpulkan bahwa pre-swirl stator yang digunakan kapal model 3 memiliki aliran yang lebih homogen dari sebelum penambahan pre-swirl stator, dapat meningkatkan nilai thrust pada masing-masing kecepatan, dan pressure distribution yang dihasilkan juga tidak sebesar pada model 1 dan 2.
5. Pada penelitian ini kecepatan yang paling optimal digunakan pada jenis pre-swirl stator ini yaitu pada 15 knot.

5.2 Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut, diantaranya yaitu :

1. Melakukan perubahan pada *pitch* foil *pre-swirl stator* yang diberi variasi sudut putar.
2. Melakukan penambahan variasi diameter pre-swirl untuk membandingkan pengaruh yang dihasil dengan adanya penambahan variasi tersebut.
3. Penggunaan jenis *Pre-swirl* lainnya atau menggunakan *Pre-nozzles*, agar mengetahui mana yang lebih bagus digunakan pada kapal pada penelitian ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

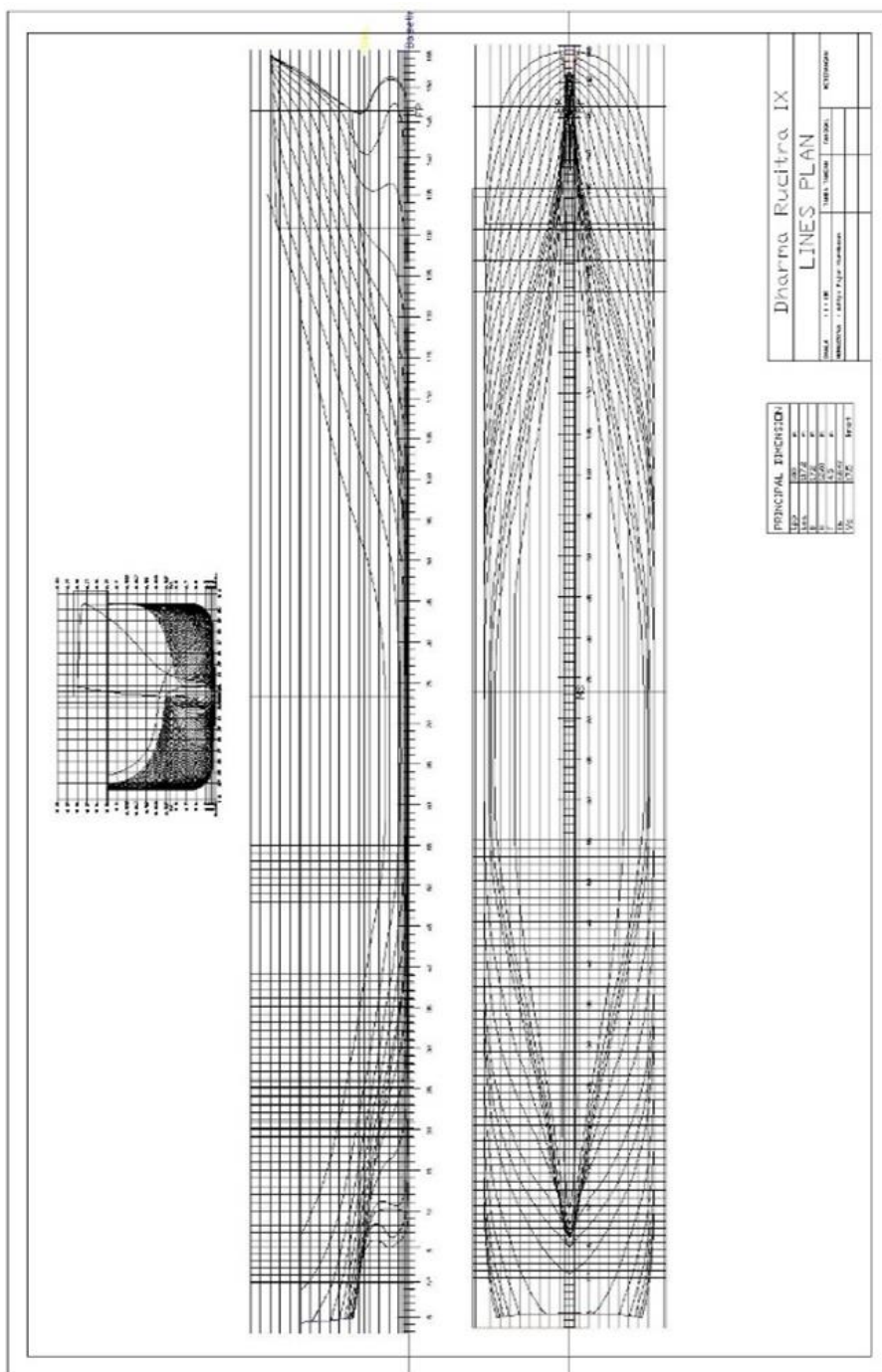
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariana I. Made, *Bahan Ajar Tahanan dan Propulsi*. Surabaya: Program S1 Teknik Sistem Perkapalan ITS, 2014.
- [2] Adjie S. W, *Engine-Propeller Matching*. Surabaya: FTK-ITS, 2005.
- [3] Apriansyah, “Analisis Sistem Propulsi Kapal Cepat Dolpin,” Universitas Hasanuddin. Makassar, 2011.
- [4] Zondervan G.-J, Holtrop J, Windt J, and Terwisga T. van, “On the Design and Analysis of Pre-Swirl Stators for Single and Twin Screw Ships,” p. 8, 2011.
- [5] Breslin J. P. and Andersen P, *Hydrodynamics Of Ship Propellers*, 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [6] Kurniawan Aditya Fajar, “Studi Hambatan Kapal Akibat Perbedaan Operasional Sistem Propulsi Pada Kapal Ferry Triple Screw,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [7] “CFD-Online.” [Online]. Available: <https://www.cfd-online.com>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [8] NUMECA International, *Numeca Fine Open Manual Book*. Belgium, 2014.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Linesplan



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

Hasil Simulasi Nilai Thrust

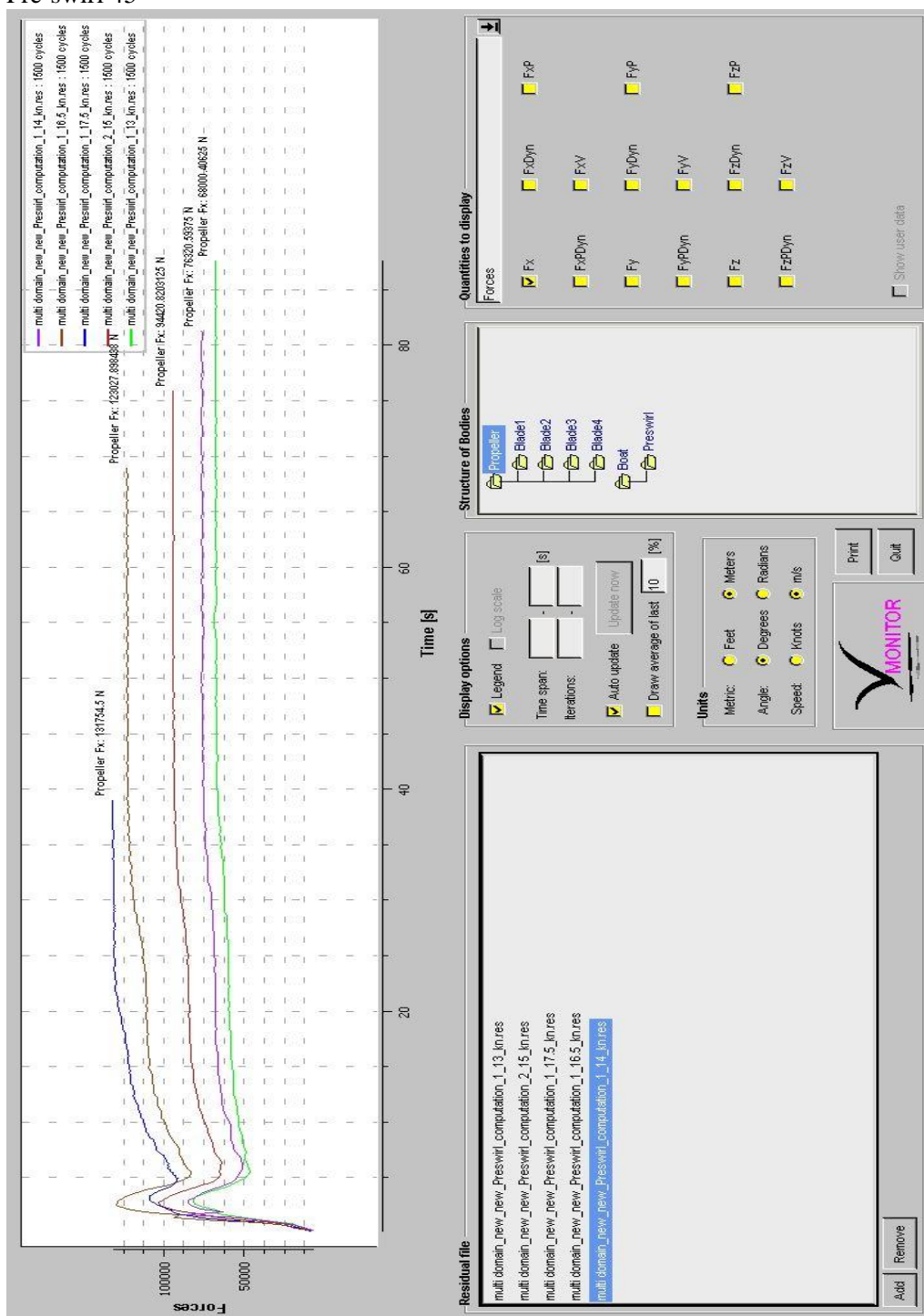
- Bare Hull



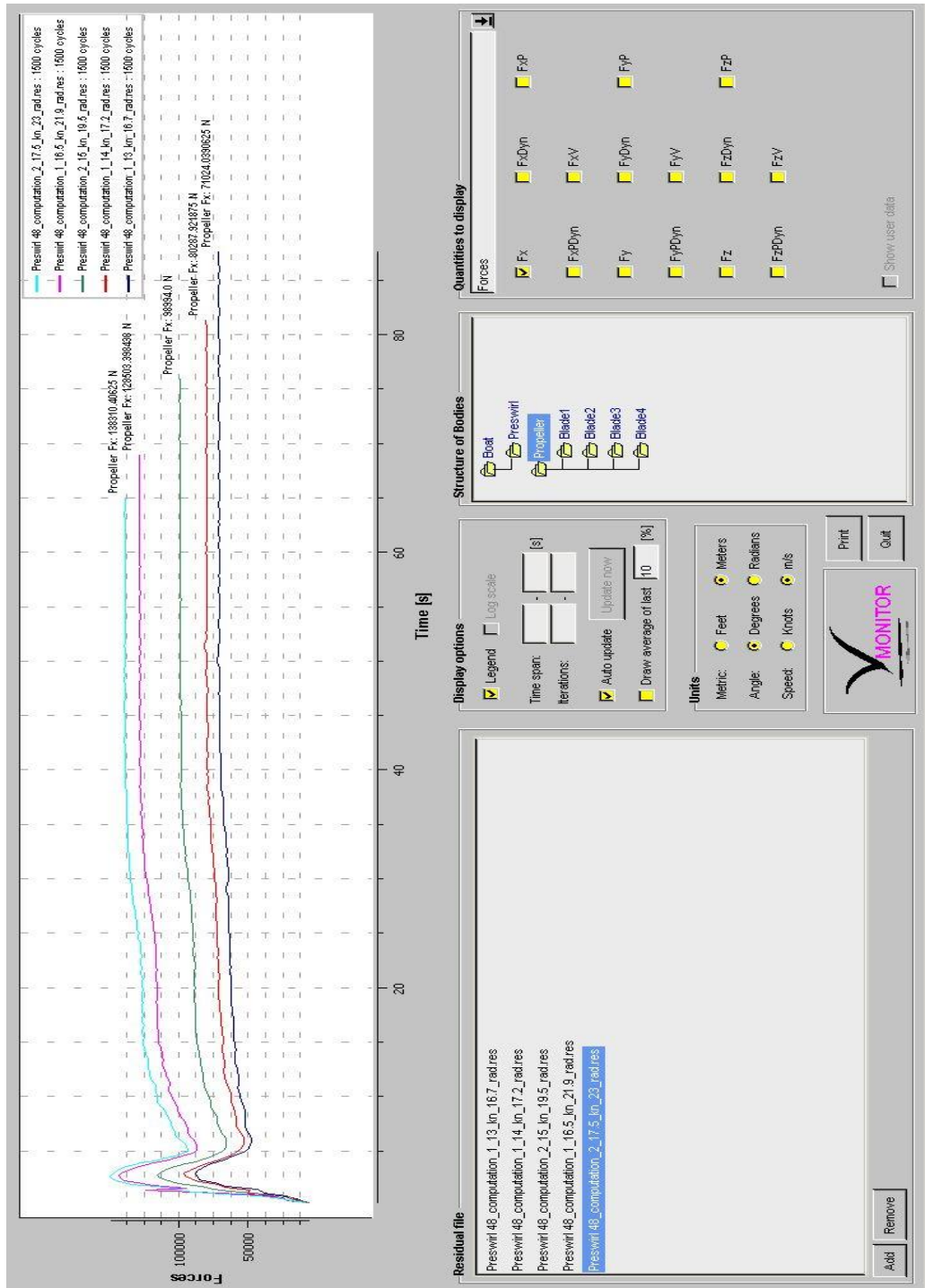
- Pre-swirl 43°



- Pre-swirl 45°



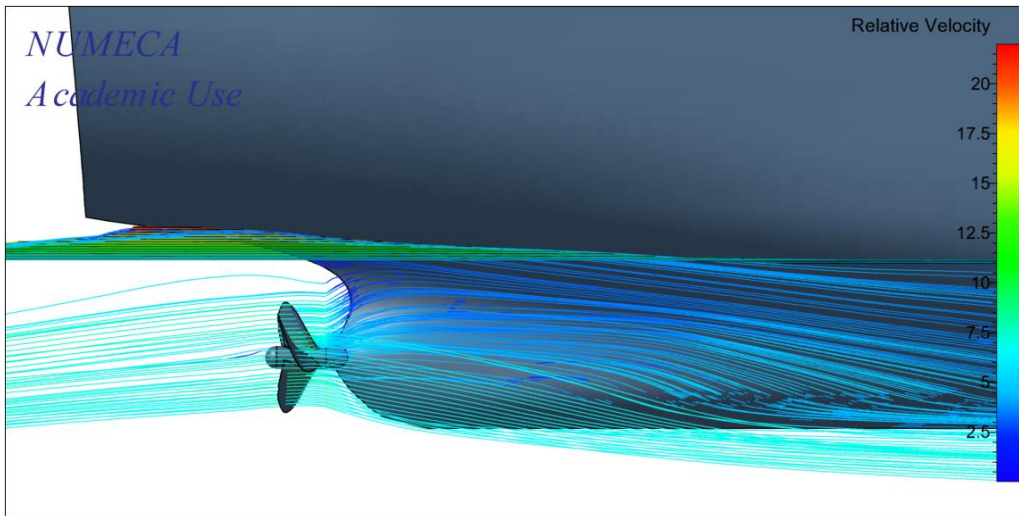
- Pre-swirl 48°



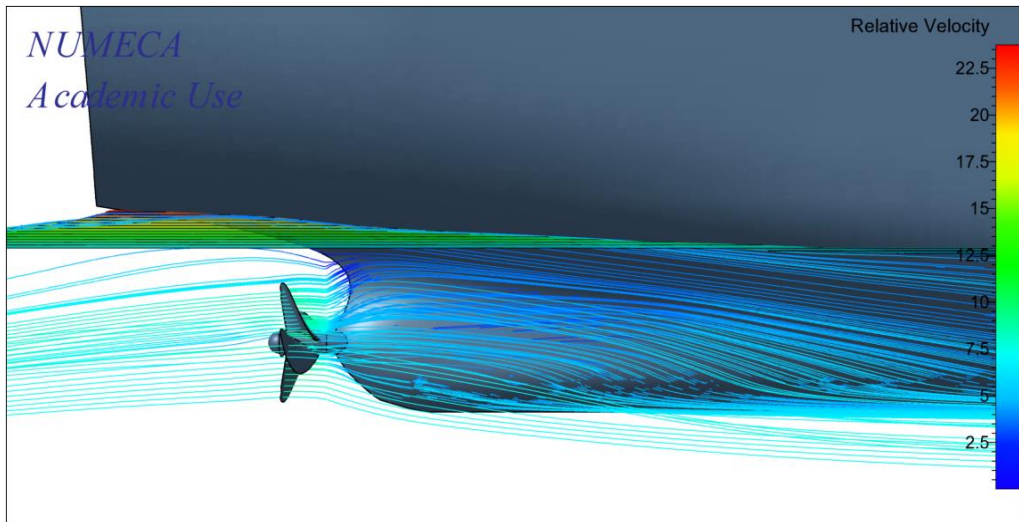
LAMPIRAN C

Hasil Simulasi Kontur Aliran

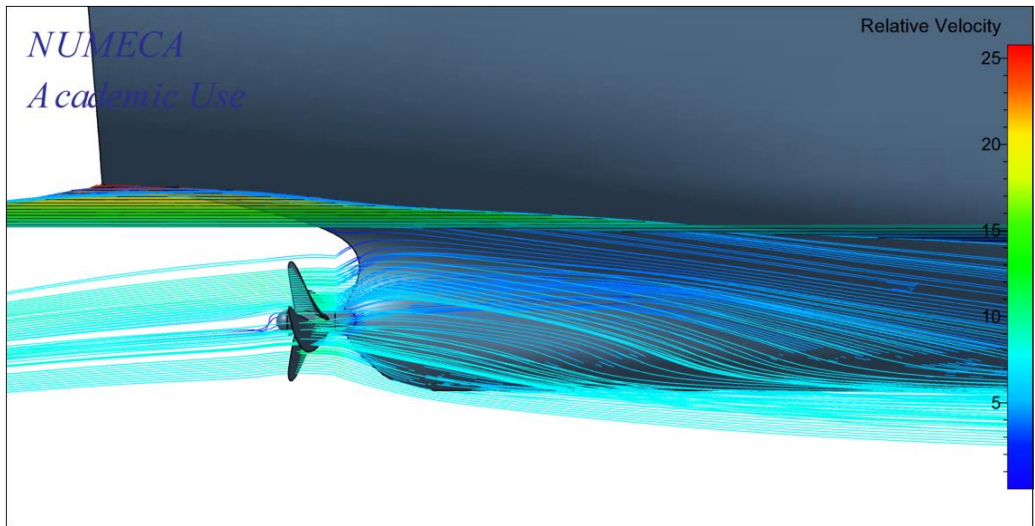
- Bare Hull
 - $V_s = 13$ knot



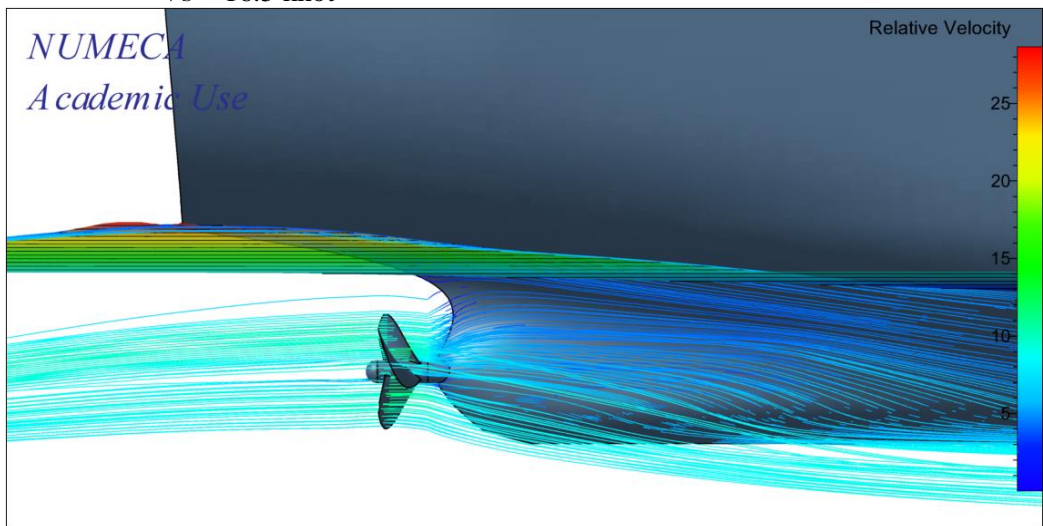
- $V_s = 14$ knot



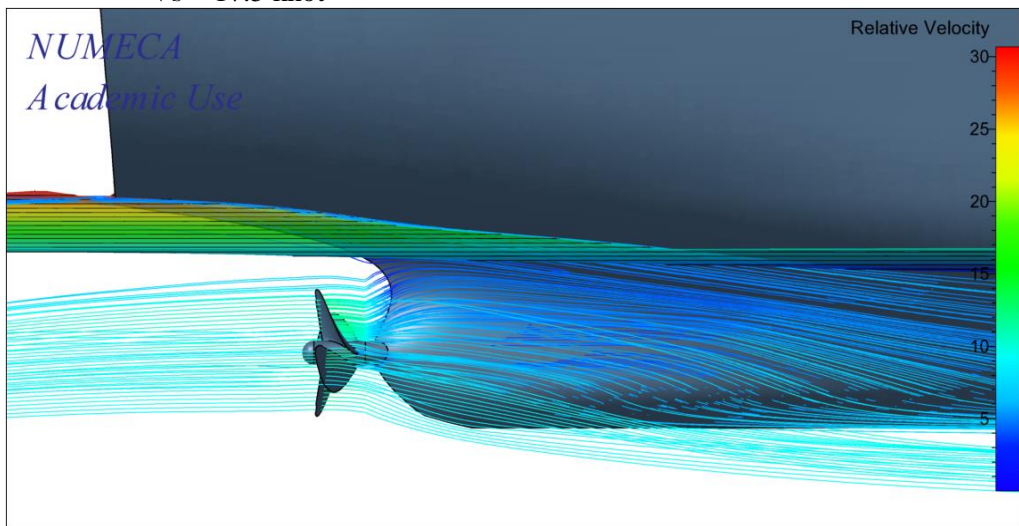
- $V_s = 15$ knot



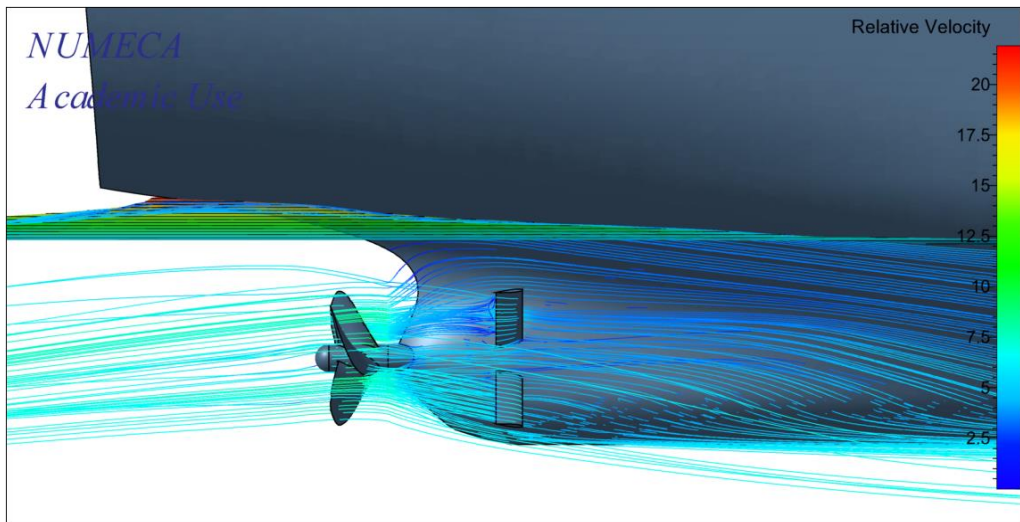
- $V_s = 16.5$ knot



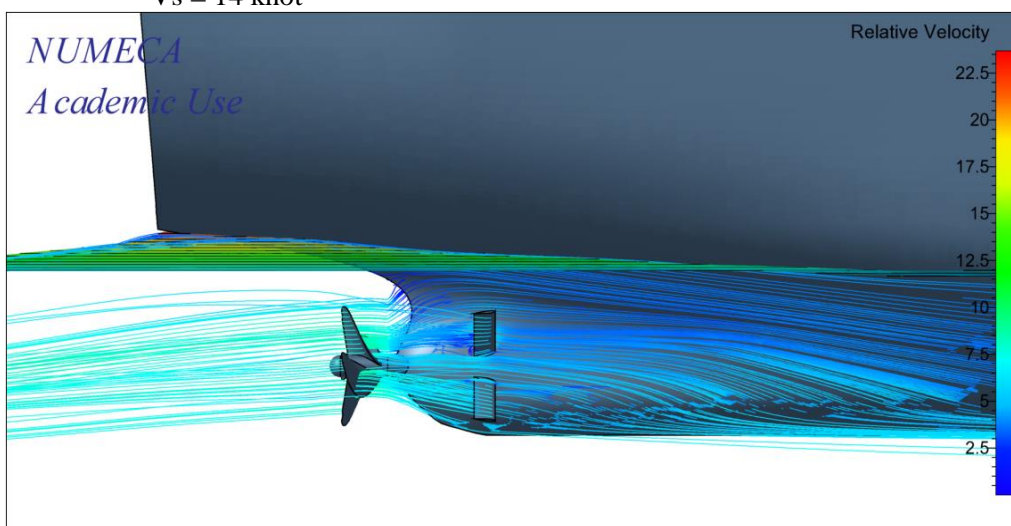
- $V_s = 17.5$ knot



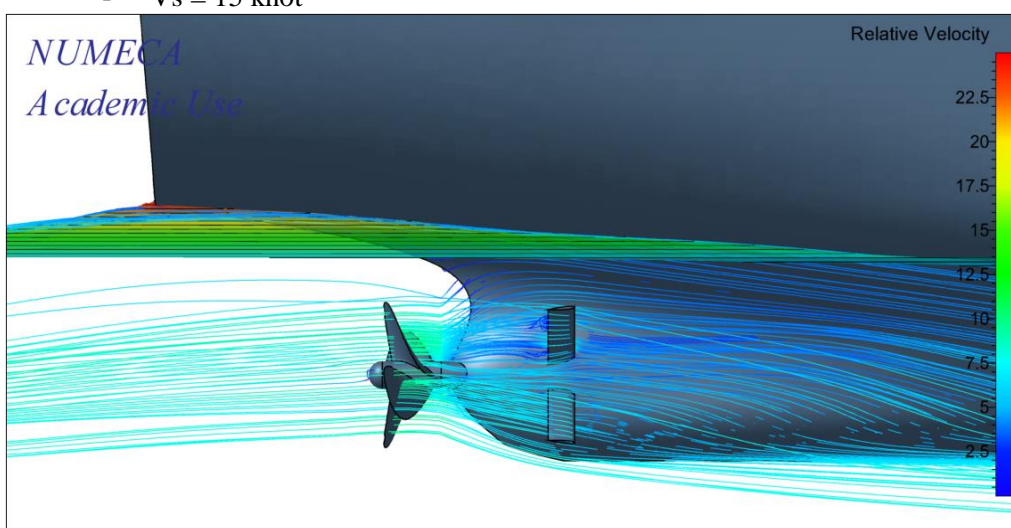
- Pre-swirl 43°
 - $V_s = 13$ knot



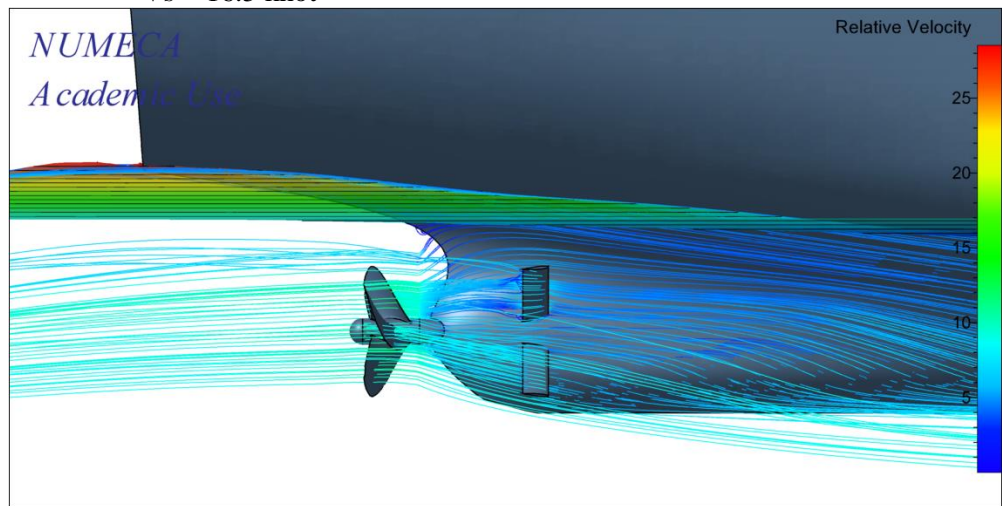
- $V_s = 14$ knot



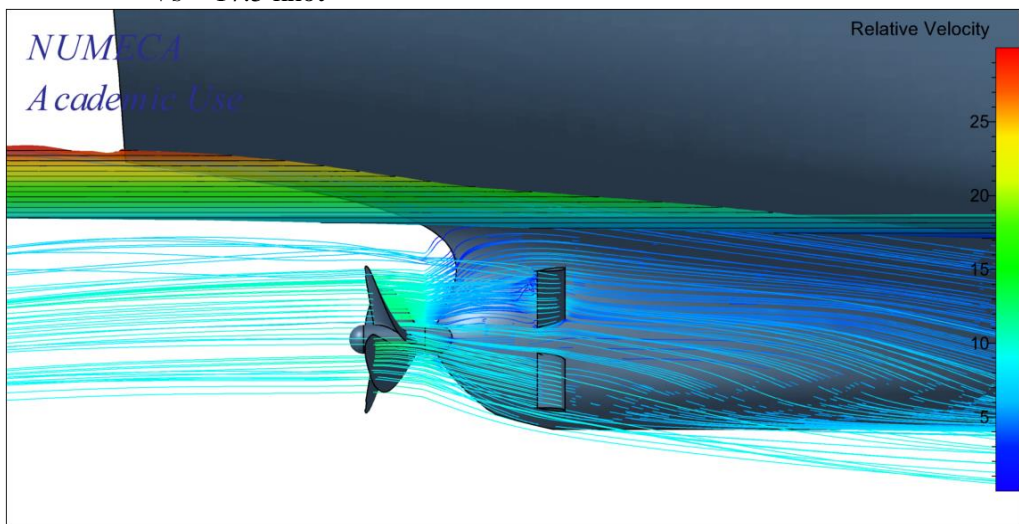
- $V_s = 15$ knot



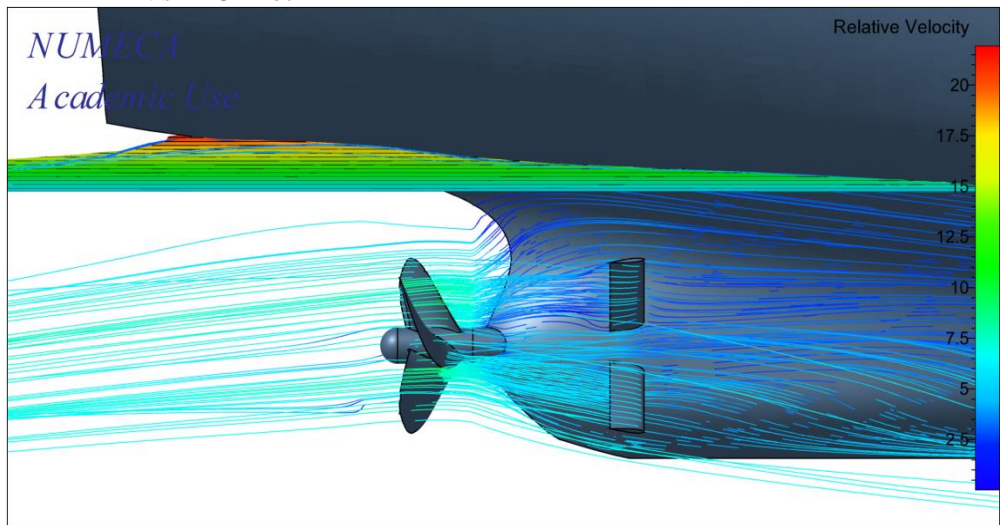
- $V_s = 16.5$ knot



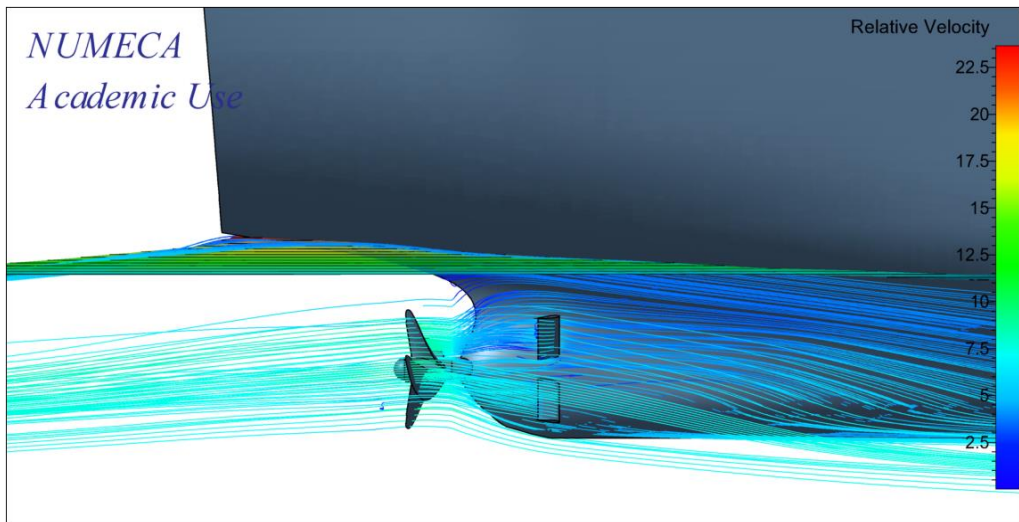
- $V_s = 17.5$ knot



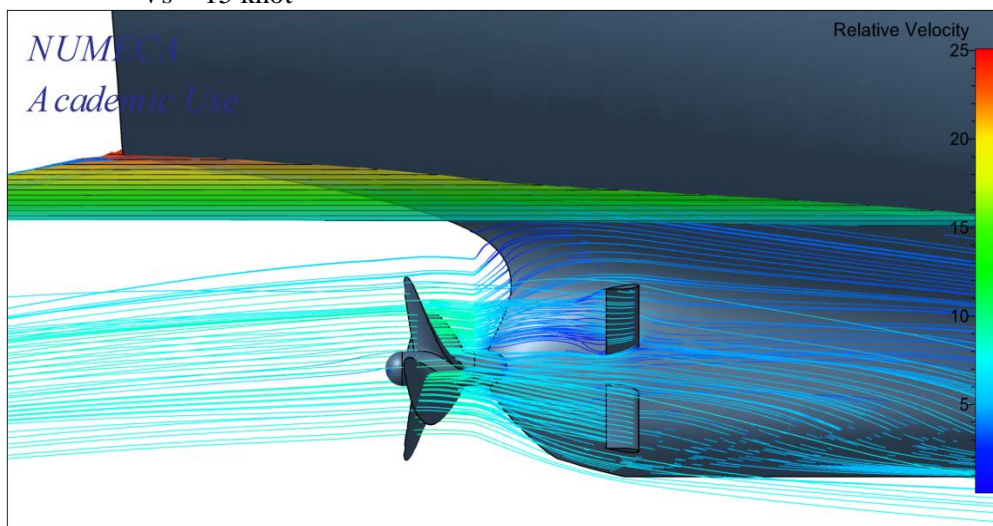
- Pre-swirl 45°
 - $V_s = 13$ knot



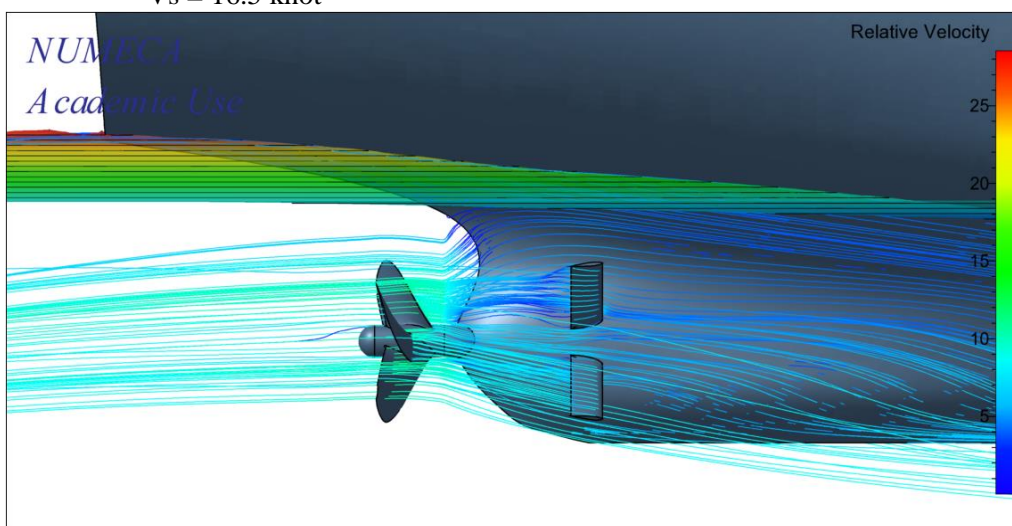
- $V_s = 14$ knot



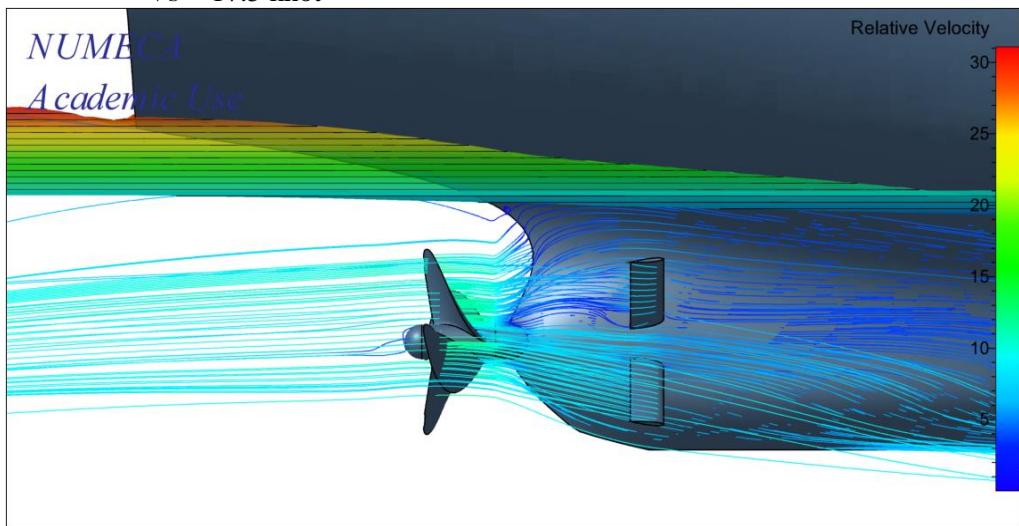
- $V_s = 15$ knot



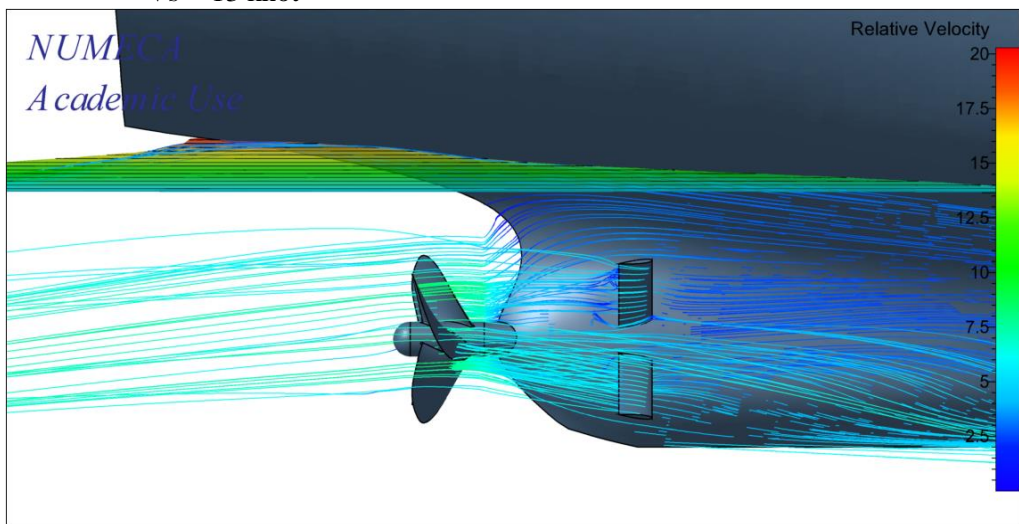
- $V_s = 16.5$ knot



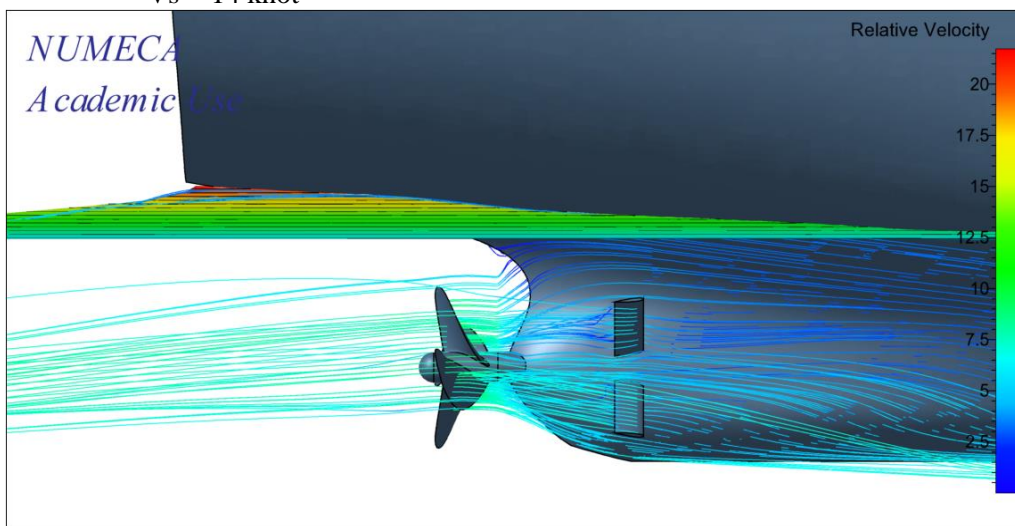
- $V_s = 17.5$ knot



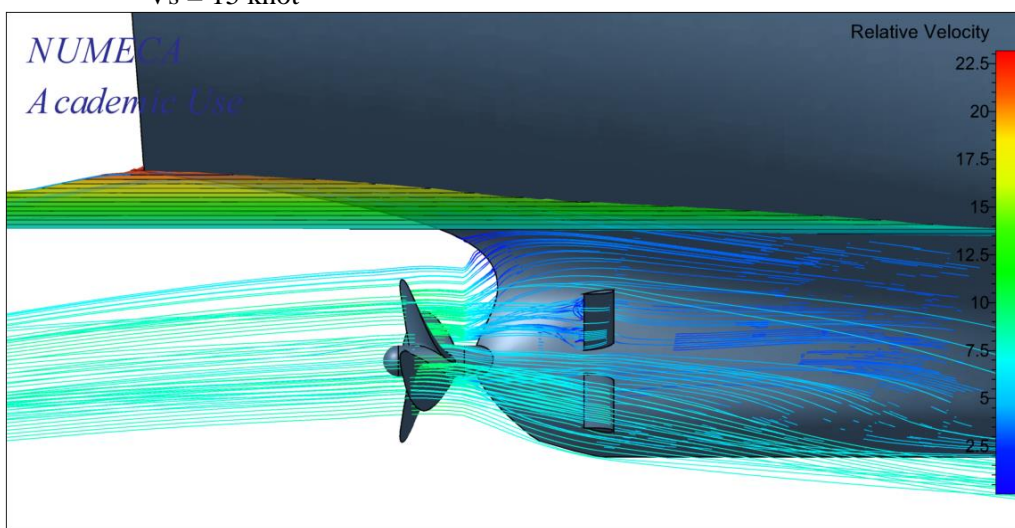
- Pre-swirl 48°
 - $V_s = 13$ knot



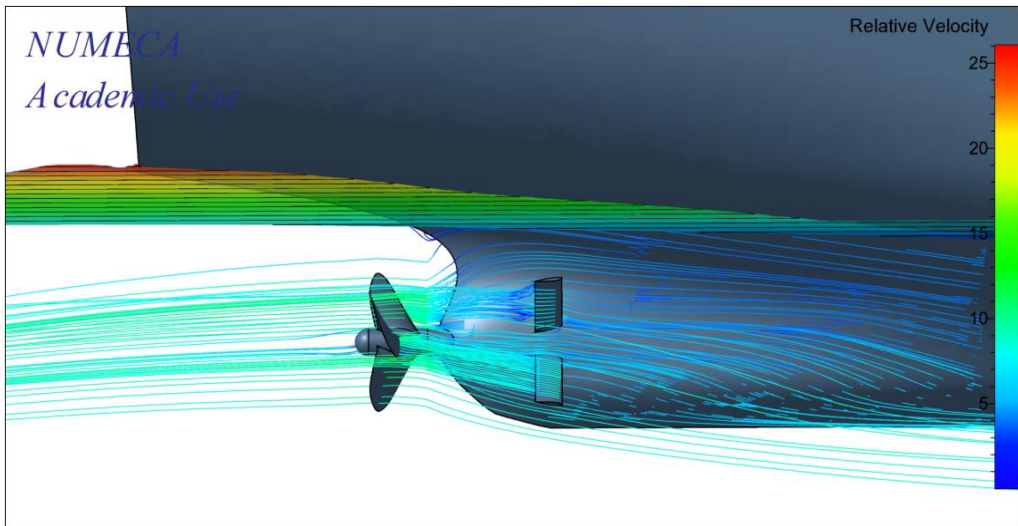
- $V_s = 14$ knot



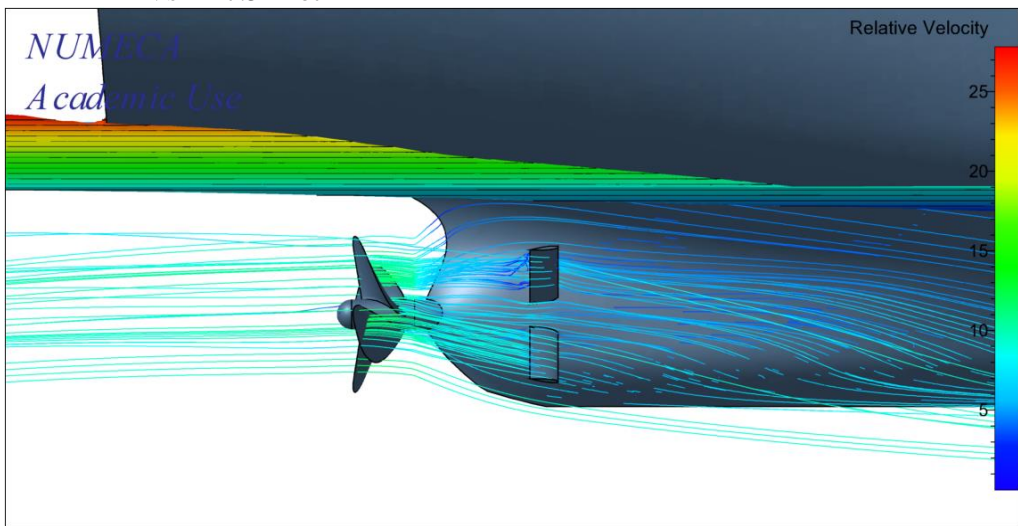
- $V_s = 15$ knot



- $V_s = 16.5$ knot



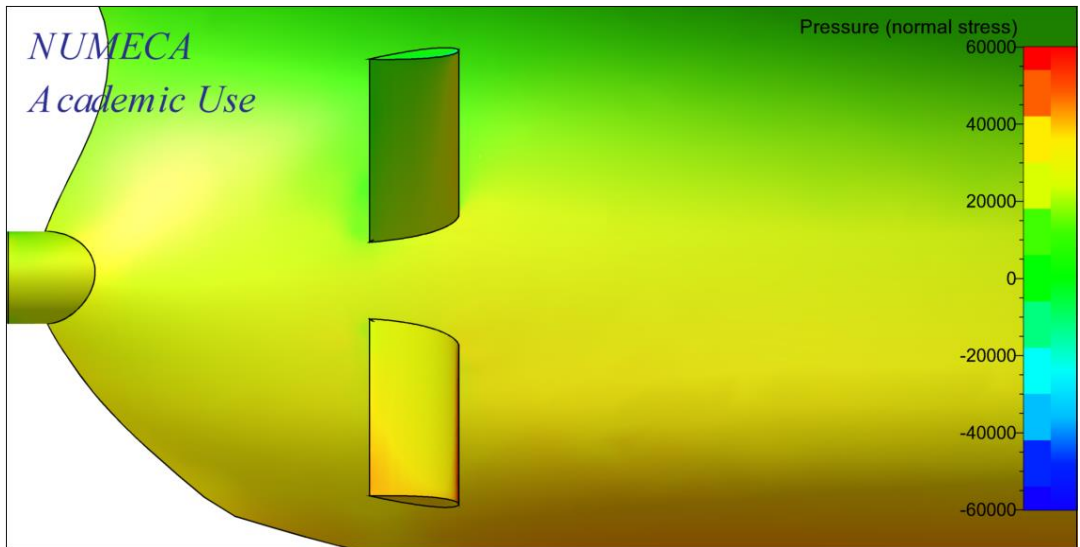
- $V_s = 17.5$ knot



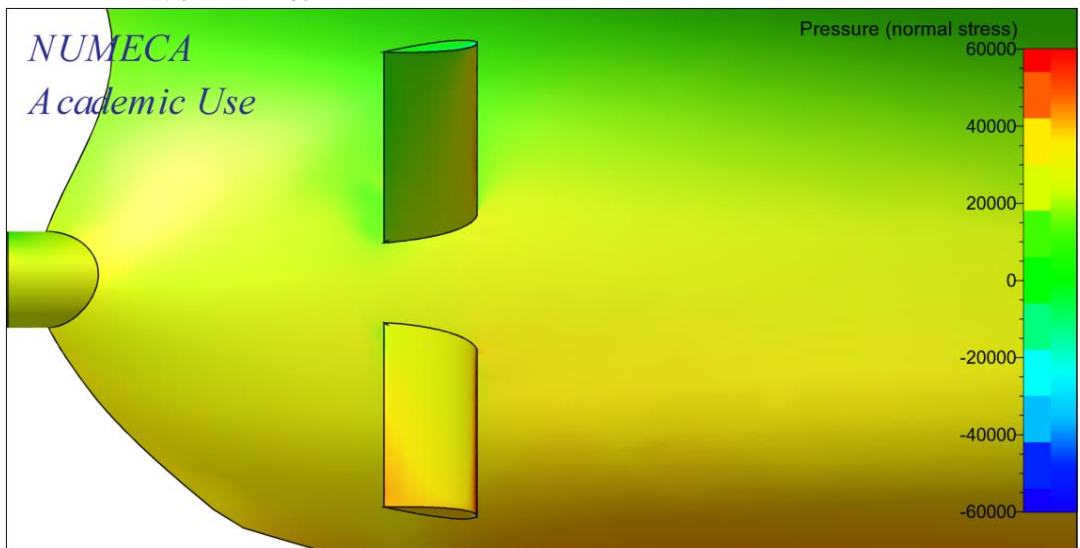
LAMPIRAN D

Hasil Simulasi Pressure Distribution

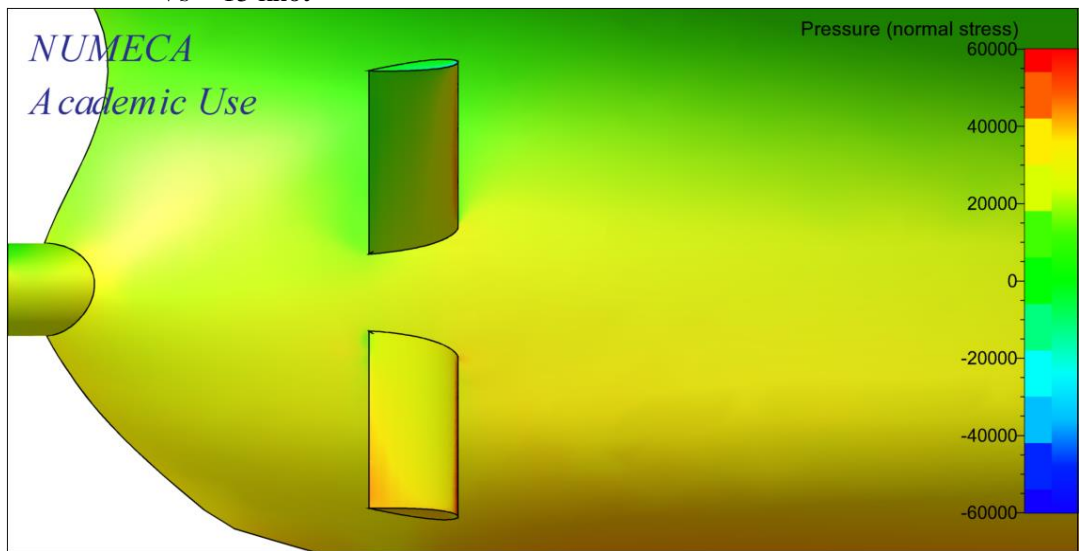
- Pre-swirl 43°
 - $V_s = 13$ knot



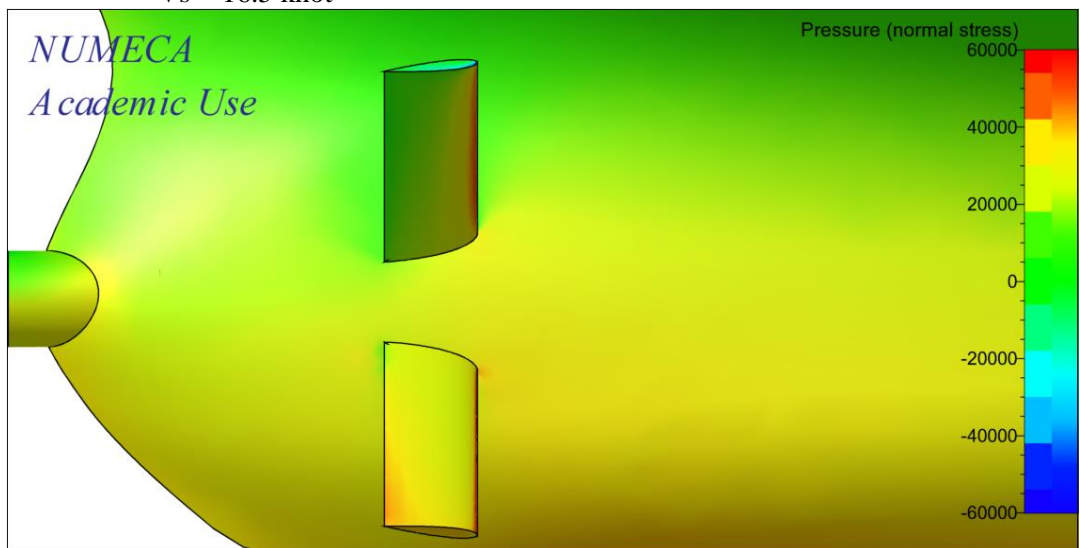
- $V_s = 14$ knot



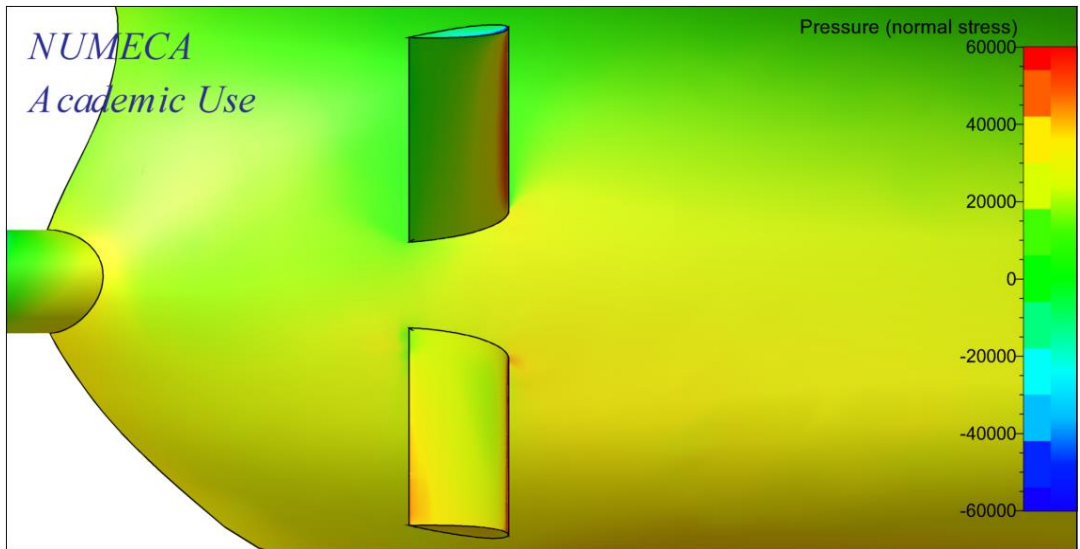
- $V_s = 15$ knot



- $V_s = 16.5$ knot

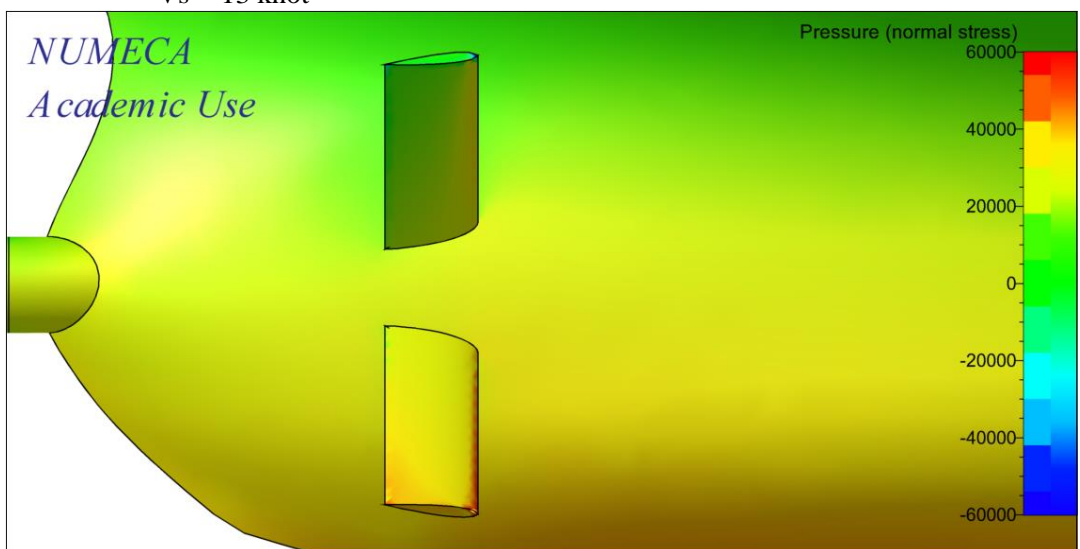


- $V_s = 17.5$ knot

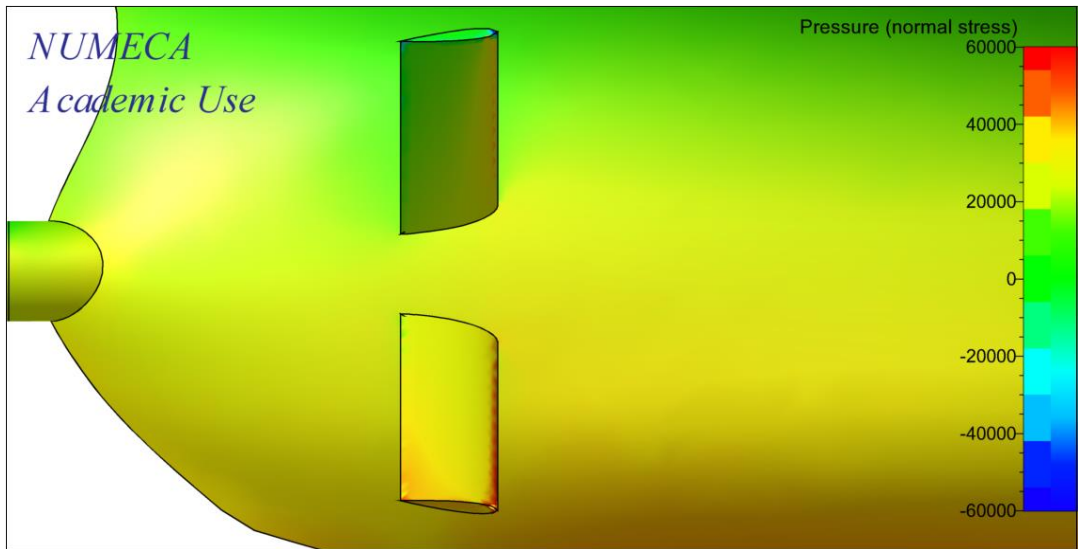


- Pre-swirl 45°

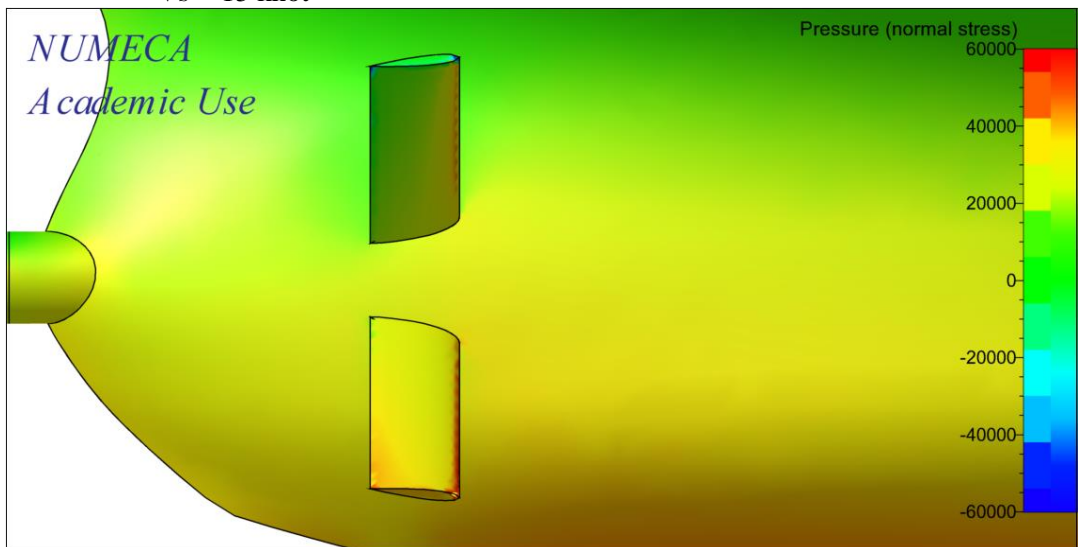
- $V_s = 13$ knot



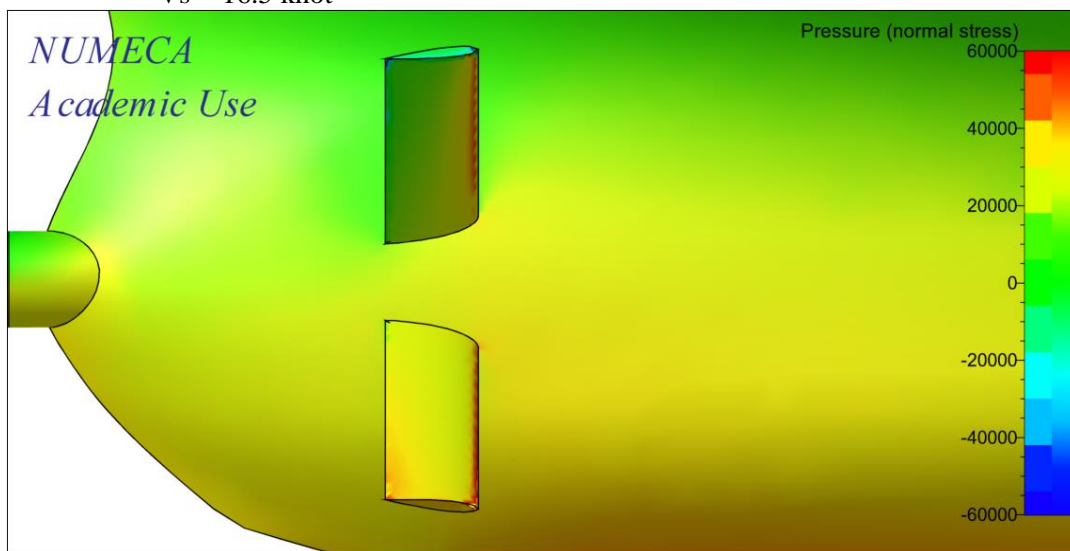
- $V_s = 14$ knot



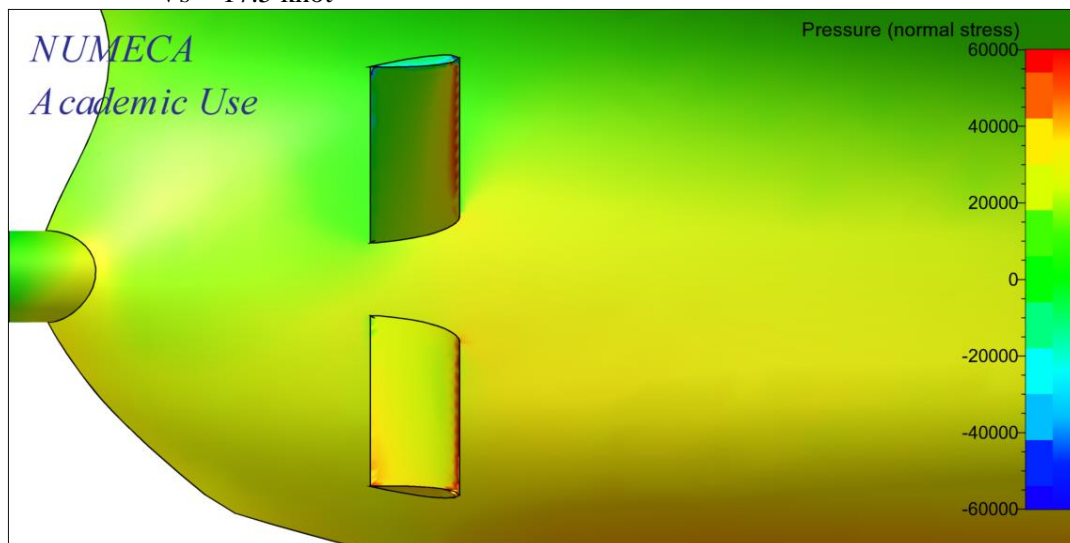
- $V_s = 15$ knot



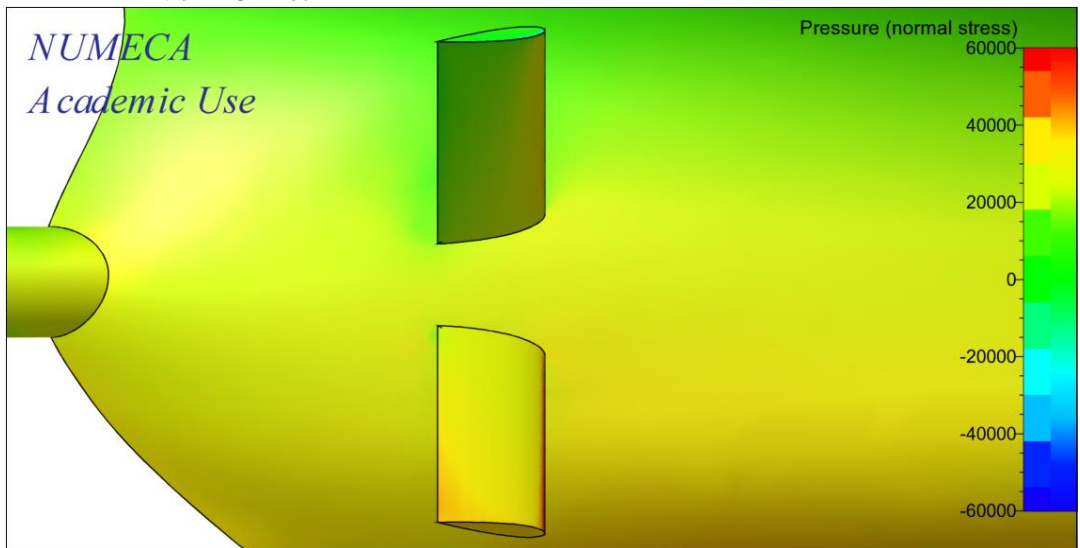
- $V_s = 16.5$ knot



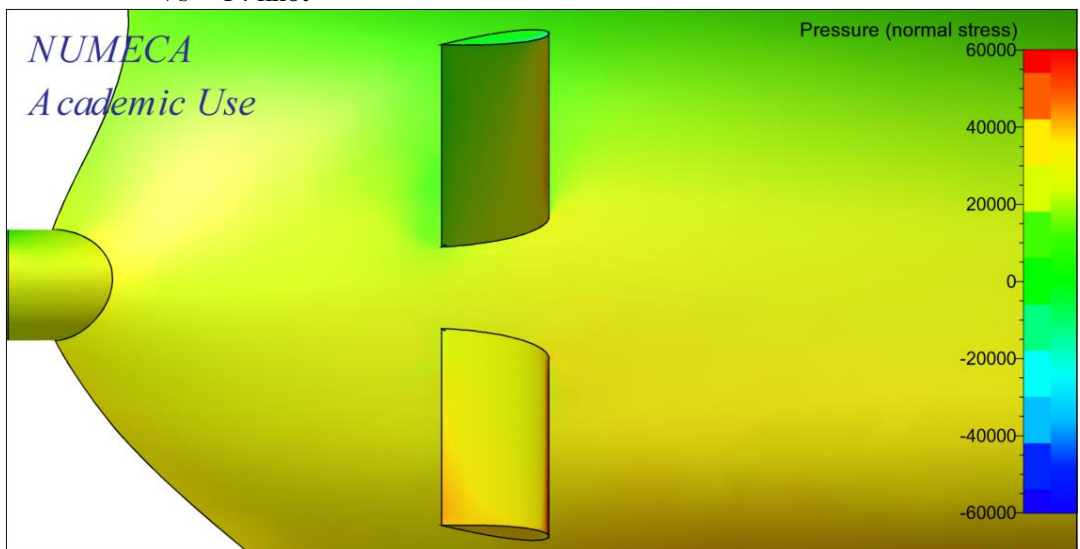
- $V_s = 17.5$ knot



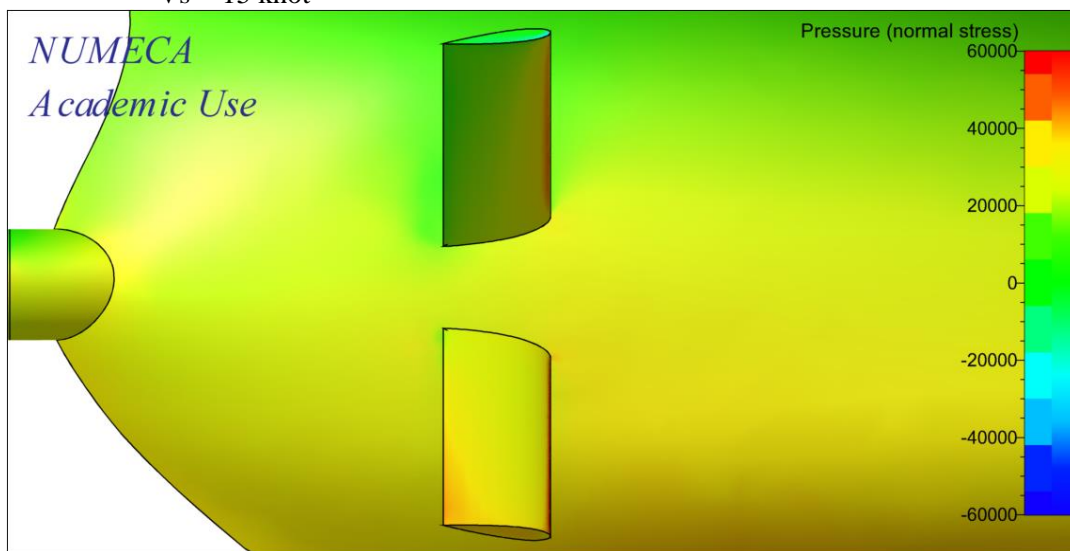
- Pre-swirl 48°
 - $V_s = 13$ knot



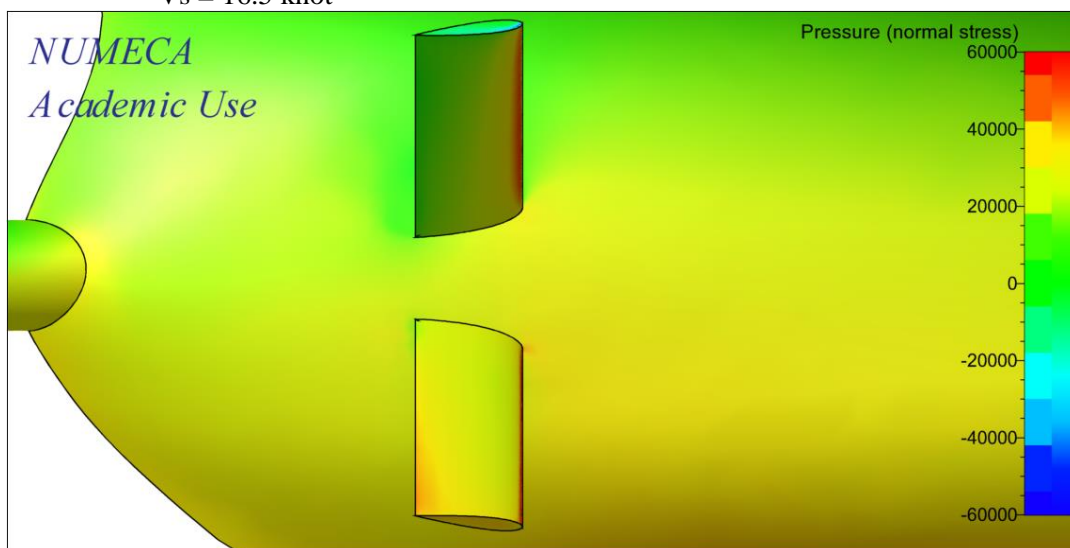
- $V_s = 14$ knot



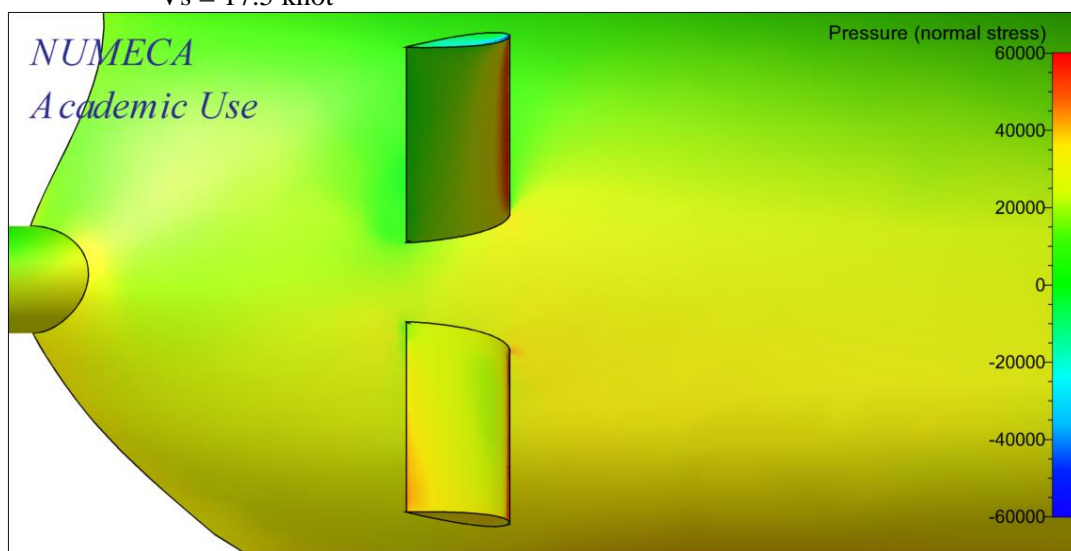
- $V_s = 15$ knot



- $V_s = 16.5$ knot



- $V_s = 17.5$ knot



LAMPIRAN E

NUMECA Fine Marine Student License



NUMECA Academic Group <academic@numeca.be>

to me ▾



Dear Yandihar

Thank you for requesting the [marine package](#) in the free student offer.
Please follow these instructions to get started.

1. Download products

- a) Go to our [Customer Area](#).
- b) Login with the following credentials:
Username: yandihar18@mhs.ne.its.ac.id
Password:
- c) Download
 - FINE™/Marine v7.1
 - Installation archive for the selected OS,
 - Tutorials archive,
 - Democases archive.

2. Installation

- a) Install FINE™/Marine on the machine: MMD12-PC ([Windows/Linux](#))
- b) Ignore the message to send machine information to NUMECA during installation,
- c) Use the attached licenses in the **Administration Tool** to activate your license ([Windows/Linux](#))

The attached licenses are only valid on the machine with:

host name	MMD12-PC
hostID	94de9077bc21
vendor defined hostID	3d952d51d8e5dh16ea7fb7c0e4f7c4ce

The licensing is deactivated if the machine configuration is changed,
(e.g. upgrade OS version, change network card...).

We are unable to issue a new license-file before the current one expires.

Do not hesitate to send us information about your work with NUMECA software if you would like to get featured on our website/blog. We wish you a pleasant CFD experience with this free student version!

Regards
NUMECA Academic Group



Facebook



Twitter



LinkedIn



YouTube

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Batam pada tanggal 1 Januari 1995, dan merupakan anak kedua dari lima bersaudara. Selama hidupnya penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Negeri Pembina, SDN 007 Sekupang, SMP Kartini I Batam, dan SMAN 4 Batam, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan program studi D3 Desain Construction. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Departmen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS melalui jalur ujian tulis Lintas Jalur. Selama berkuliah, penulis sangat aktif dalam beberapa kegiatan di dalam kampus. Dalam bidang organisasi, penulis berkesempatan menjadi Anggota UKM WSC (Watercraft Studies Center) pada tahun kedua kuliah di PPNS. Di tahun

yang sama penulis juga berpartisipasi dalam lomba Roboboat 2014 dan mendapatkan Penghargaan Best Design. Dalam bidang kepelatihan dan kepeemanduan, penulis sangat aktif sebagai peserta dalam Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM). LKMM yang diikuti antara lain, LKMM Pra Tingkat Dasar. Pengalaman On the Job Training pada saat kuliah di PPNS yang pernah ditempuh penulis antara lain di Biro Klasifikasi Indonesia cabang Surabaya, Jawa Timur.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”